

TK 155.458

KFKI-1983-04

PÉTER A.
GERÉB J.
LAFRANCO G.
PALLAGI D.
PELLIONISZ P.

INSTRUMENTÁLIS BÁZIS KIÉPÍTÉSE
SOKCSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS
VIZSGÁLATOK ELŐKÉSZÍTÉSÉRE:
32 CSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS
LABORATÓRIUM

Hungarian Academy of Sciences

CENTRAL
RESEARCH
INSTITUTE FOR
PHYSICS

BUDAPEST

INSTRUMENTÁLIS BÁZIS KIÉPÍTÉSE SOKCSATORNÁS
AKUSZTIKUS EMISSZIÓS VIZSGÁLATOK ELŐKÉSZÍTÉSÉRE:
32 CSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS LABORATÓRIUM

PÉTER A., GERÉB J., LAFRANCO G.,
PALLAGI D., PELLIONISZ P.

Központi Fizikai Kutató Intézet
1525 Budapest 114, Pf. 49

KIVONAT

A riport az első hazai mobil, 32 csatornás, számítógépes akusztikus emissziós hibalokalizáló és jelfeldolgozó rendszert ismerteti, amelyet a KFKI-AEKI-ben fejlesztettek ki. Ismertetésre kerül a rendszer hardware és software felépítése, valamint a mobil laboratórium kialakítása.

A rendszer egy 32+16 csatornás mérésadatgyűjtőből és jelfeldolgozóból /32 akusztikus emissziós érzékelő és 16 környezeti paraméter/, egy TPA-1140 kisszámítógépből és perifériákból áll. A rendszert autóbuszba építettük, így biztosítva a mobilitást.

A mobil akusztikus emissziós laboratórium elsősorban ipari alkalmazásra készült, de jól használható a tudományos kutatás területén is.

АННОТАЦИЯ

В сообщении описывается первая отечественная 32-канальная акустико-эмиссионная система, предназначенная для обработки АЭ сигналов и локализации дефектов. Передвижная система, управляемая ЭВМ, разработана в Исследовательском институте атомной энергии ЦИФИ ВАН. В сообщении рассмотрены построение блоков системы, структура математического обеспечения, элементы передвижной лаборатории.

Установка состоит из 32+16-канальной системы сбора и первичной обработки данных /32 канала для АЭ сигналов, 16 каналов для независимых параметров/ и комплекса мини-ЭВМ ТРА 1140 с периферийными устройствами. Вся система установлена в автобус для обеспечения мобильности.

Передвижная акустико-эмиссионная лаборатория предназначена для применения в различных отраслях промышленности, но может применяться и в области научных исследований.

ABSTRACT

The first Hungarian, mobile, computerized, 32 channel, acoustic emission fault localizing and signal processing system is described. It was developed in the Institute for Atomic Energy Research of the Central Research Institute for Physics. The hardware and software structure of the system as well as the construction of the mobile laboratory is described.

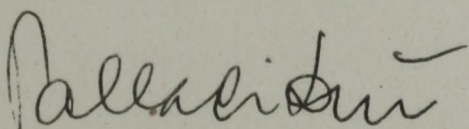
The system includes a 32+16 channel data acquisition and signal processing sub-system, /32 acoustic emission detector-signals and 16 independent parametric values are measured/, a minicomputer /Type TPA 1140/ and peripheral equipments. The system is mounted into a special vehicle to make it mobile.

This mobile acoustic emission laboratory is constructed mainly for industrial applications, but it can be well used in the fields of scientific research as well.

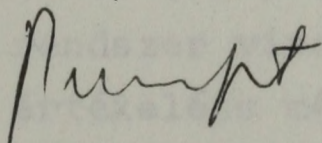
INSTRUMENTÁLIS BÁZIS KIÉPÍTÉSE
SOKCSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS
VIZSGÁLATOK ELŐKÉSZÍTÉSÉRE

J E L E N T É S

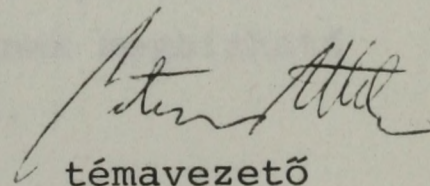
A/11 - 4.4.7.



tud.főoszt.vez.



tud.oszt.vez.



témavezető

1982. november

KFKI - AEKI - REF
MÉRÉSAUTOMATIZÁLÁSI
OSZTÁLY

Oldal: 99 számozott

Táblázat: -

Ábra: 43

KUTATÁSI JELENTÉS

OKKFT feladat száma: A/11-4.4.7.

OKKFT feladat megnevezése: Instrumentális bázis kiépítése sokcsatornás AE vizsgálatok előkészítésére.

A feladat részét képezi az A/11 jelű, "Az atomerőművek biztonságos üzemelését szolgáló KF feladatok" című OKKFT program 4. számú, "Szilárdsági ellenőrzések és ismétlődő vizsgálatok a berendezések állapotának és becsült élettartamának meghatározására" című alprogram 4. számú project feladatainak.

A project megnevezése: Akusztikus emissziós vizsgálatok nyomástartó szerkezetekben lévő hibák azonosítására és lokalizálására, a primerköri nyomástartó rendszer vizsgálatának megbízható értékelése céljából.

Témavezető: Péter Attila tud. mts.

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
1. Bevezetés	7
2. A sokcsatornás akusztikus emissziós mérőrendszer felépítése	9
3. A mobil akusztikus emissziós laboratórium felépítése ..	11
4. Irodalomjegyzék	13
5. Mellékletek	15
1.sz. Melléklet:	
32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer kivitelezése	17
2.sz. Melléklet:	
32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer	53
3.sz. Melléklet:	
Akusztikus emissziós mozgó laboratórium	89

1. BEVEZETÉS

Az MTA Központi Fizikai Kutató Intézetében több éve folyik kutató-fejlesztő munka a roncsolásmentes anyagvizsgálatok egy új ágának, az akusztikus emissziós technikának tanulmányozására és gyakorlati alkalmazására.

Munkánkat több irányban végezzük. Ha ezeket az irányokat röviden csoportosítjuk, elméleti-módszertani tanulmányokról, laboratóriumi kísérleti vizsgálatokról, konkrét megrendelésekre végzett ipari ellenőrző mérésekről, mérés-technikai-metodikai kutatásokról és az instrumentális bázis fokozatos kiépítéséről külön-külön írhatnánk.

Ebben a beszámolóban csupán az utolsó témakör - az instrumentális bázis kiépítése - terén elért 1982. évi eredményeket ismertetjük. Pusztán a teljesebb kép érdekében említjük meg a többi területen végzett, 1982. évi munkánkat, amelyeket hat alkalmazónál végzett megbízásos mérések, nyolc publikáció, több kutatási jelentés, nemzetközi tanácskozáson való aktív részvételeink, az OKKFT program másik részfeladatában végzett tevékenységünk jelez.

Magát az instrumentális bázis kiépítését is csak ez évi fő célunk tekintetében tárgyaljuk. Szintén a teljesség kedvéért említjük meg, hogy a fő feladat - a számítógépes, sokcsatornás, mozgó mérőlaboratórium létrehozásának befejezése - mellett megindítottuk további akusztikus emissziós műszerek fejlesztésének előkészítését is.

A korábbi években a KFKI saját céljaira kifejlesztett egy egycsatornás, majd egy négycsatornás akusztikus emissziós /továbbiakban a.e./ berendezést. Az ezekkel szerzett mérés-technikai, módszertani tapasztalatok birtokában kezdtük el egy 32 csatornás, számítógépes a.e. hibahelylokalizáló és analizáló berendezés kifejlesztését. Mivel az akusztikus emissziós technika hazai alkalmazásában jelentős szerepet kap a nukleáris erőművi szerkezetek vizsgálata, így az ezzel kapcsolatos szempontok jelentősen befolyásolták a kifejlesztett berendezés műszaki adatait /fokozottabban biztonságos üzemeltetés, gyors javíthatóság, távellenőrzési lehetőségek és egyéb műszaki paraméterek/.

A 32 csatornás a.e. berendezés három fő vonatkozásban tér el a korábban kifejlesztett berendezésektől. Ezek az alábbiak:

- i./ A nagy csatornaszám lehetővé teszi nagy szerkezetek egyszerre történő, teljes integritásvizsgálatát.
- ii./ A berendezés az a.e. jelek igen sokféle paraméterét méri, ezzel lehetőség nyílik az anyagszerkezeti változások behatóbb tanulmányozására.
- iii./ A mérési eredmények számítógépes feldolgozása révén gyorsabbá, könnyebbé, alaposabbá válhat az interpretálási munka.

A 32 csatornás a.e. berendezés és a hozzá kapcsolódó számítógép a perifériákkal, valamint a szükséges egyéb segédberendezésekkel együtt nagyméretű, nagy súlyú, bonyolult mérési összeállítást ad, amelyet célszerűen autóbuszba telepítettünk. Így jött létre a mozgó akusztikus emissziós

mérőlaboratórium, amellyel lehetővé válik nagy szerkezetek akusztikus emissziós vizsgálata.

E jelentés ismerteti a 32 csatornás, számítógépes a.e. hibahelylokalizáló és analizáló berendezés felépítését /hardware, software, műszaki adatok/.

A beüzemelés 1982. év végére befejeződik a KFKI telephelyén. A szükséges alapsoftware kifejlesztése is befejeződött. Ismertetésre kerül továbbá a mobil a.e. laboratórium, amelynek üzembehelyezése az 1983. év közepére tervezett.

2. A SOKCSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MÉRŐRENDSZER FELÉPÍTÉSE

A kifejlesztett sokcsatornás berendezés felépítését, főbb jellemzőit az alábbiakban ismertetjük.

A berendezés felépítését, kivitelezését képekben ismerteti az 1. sz. Melléklet. A részletes ismertetést /hardware felépítés, software struktúra, műszaki paraméterek/ a 2. sz. Melléklet tartalmazza. A 2. sz. Melléklet a berendezés létrehozásának alapjául szolgáló tervcél.

A sokcsatornás a.e. berendezés olyan mérőrendszer, amely 1-32 db a.e. érzékelőt figyel egyidejűleg. Az érzékelők a vizsgálandó szerkezet felületére, a megfelelő helyekre vannak felerősítve, és az általuk szolgáltatott jeleket előerősítők fogadják. Az érzékelők - előerősítők közötti távolság max. 1 m lehet. Az előerősítők jele a mérésadatgyűjtőbe jut el egy-egy, max. 50 m hosszú kábelen keresztül. A mérésadatgyűjtő folyamatos a.e. jel esetében sorra megméri az alkalmazott érzékelők által szolgáltatott

jelek lényeges jellemzőit /átlagérték, effektív érték, relativ hullámosság, stb./ és a mért értékeket tárolja. Tranziens jellegű a.e. jel esetében a mérésadatgyűjtő az elsőként megszólaló érzékelő által adott jelnek, valamint egy előre kiválasztott érzékelő jelének paramétereit /csúcsamplitúdó, oszcilláció, energia, időtartam, stb./, valamint a megszólalási sorrendben első érzékelők /max. 4/ által szolgáltatott jelek közötti időkülönbségeket méri meg és tárolja el.

A mérésadatgyűjtő az a.e. jelek mellett egyidejűleg max. 16 környezeti paraméter /erő, elmozdulás, nyomás, hőmérséklet, stb/ jelét is megméri és tárolja.

A mérésadatgyűjtő az a.e. jelek paramétereit igen nagy dinamikában /4-8 dekád/ méri meg. A logaritmikus jellegű erősítés lehetővé teszi a nyers analóg jelek széles-sávu magnetofon által történő rögzítését, teljes dinamikában.

A mérni kívánt paramétereket, azoknak figyelembe veendő vagy veszélyt jelentő alsó-felső határ értékeit, a figyelembe vett érzékelőket, azok prioritási rendjét a számítógép segítségével programozni lehet. Az elkészült program teljes mértékben felhasználó-orientált: "étlapot" nyújt az alkalmazónak, aki dialógus formájában állíthatja össze a mérést.

A tényleges mérést megelőzően lehetőség van a teljes rendszer ellenőrző vizsgálatára is /beleértve az érzékelőket, és az érzékelők - vizsgált szerkezet közötti akusztikus csatolást/, amelynek során meg lehet állapítani a kifogástalan működést, ill. gyorsan feltárni az esetleges hibákat, és rögzíteni az eredményeket.

A tárolt mérési adatokat, az azokból képzett függvényeket a mérés ideje alatt, illetve után ki lehet jelezni, illetve nyomtatott formában megőrizni. A kijelzés, nyomtatás módja, formája szintén programozható. Az adatfeldolgozó program tág lehetőségeket biztosít a felhasználónak /pl. integrál, differenciál, eloszlás, stb. típusu függvények képzése, lineáris, logaritmikus léptékű ábrázolás, automatikus skálázás, stb./.

A nyers analóg jeleket mágnesszalagon, a mért paraméterek mintavételezett, digitalizált értékeit, a mérési összeállítás adatait diszken lehet archiválni.

3. A MOBIL AKUSZTIKUS EMISSZIÓS LABORATÓRIUM FELÉPÍTÉSE

A mobil akusztikus emissziós laboratórium felépítését az alábbiakban röviden ismertetjük. A részletes ismertetést a 3. sz. Melléklet tartalmazza.

A 32 csatornás a.e. mérőberendezés a számítógéppel, perifériákkal, segédberendezésekkel együtt olyan bonyolult felépítésű mérési elrendezést ad, amelynek alkalmankénti összeállítása, ellenőrzése igen időigényes feladat lenne, emellett az ismételt összeállítás-szétszerelés miatt megnövekedett meghibásodási lehetőségekkel is kellene számolni. A vizsgálandó objektumok mérete, helye megkívánja a helyszini mérést, ugyanakkor a legritkább esetben áll rendelkezésre számítógépes rendszer üzemeltetésére megfelelő helyiség /tisztaság, klimatizálás mint primér feltételek/.

Ezért célszerűen az egész mérési összeállítást autóbuszba építve terveztük meg, így kompakt, mobil a.e. mérőlaboratóriumhoz jutva. Az autóbusz biztosítja, hogy a mérési helyszínen a mérőlabor esetlegesen szükségessé váló helyzetváltoztatását könnyen, gyorsan végre lehessen hajtani.

Az autóbusz tere három részre tagolódik. Elöl van az utazótér 5 fő részére. Középen a mérőtér, és hátul egy u.n. belépőtér, ahonnan a mérőtérbe lehet bejutni. A mérőtérben speciális, rezgéscsillapított keretben helyezkedik el a számítógép és a mérésadatgyűjtő. Az egyéb műszerek /perifériák, segédberendezések/ rezgéscsillapított asztalokon helyezkednek el.

A mérőlabor energiaellátása külső, 3 fázisu energiaforrásból, vagy saját aggregátorból történik. Lehetőség van a váltakozó áramu tápellátás stabilizálására is. A mérőtér klimatizált. Az autóbusz padlózata alatti rakodótérben helyezkednek el a mérőkábelek, amelyek segítségével a mérendő objektum felületére helyezett érzékelőket a buszban lévő adatgyűjtővel össze lehet kötni.

A mobil a.e. labor céljára kiképzett autóbusz az alábbi ábrán látható.



4. IRODALOMJEGYZÉK

- /1/ Reaktortartály diagnosztika akusztikus emissziós analízissel II.
Tanulmány, KFKI, 1977. pp. 106.
Bod L., Péter A.
- /2/ Reaktortartály diagnosztika akusztikus emissziós analízissel III.
Tanulmány, KFKI, 1978. pp. 50.
- /3/ Péter A., Zeke L., Tibor J., Koch R.: "Sokcsatornás, intelligens akusztikus emissziós jelfeldolgozó rendszer"
V. Orsz. Elektronikus Műszer- és Méréstechnikai Konferencia, Bp., 1980. márc. 18-20. pp. 258-263.
- /4/ A. Peter: "Konzeption einer ungarischen 32-Kanal Schall-emissionsanlage für on-line Betrieb"
3. Kolloquium Schallemission, 16-18 April, 1980. Zittau.
DDR pp. 251-265.
- /5/ A. Peter, P. Pellionisz: "Research and development on acoustic emission techniques in Hungary"
Conf. On-line Surveillance and Monitoring of Plant Reliability 23-25 Sept, 1980. London pp. 53-61.
- /6/ Geréb J., Lafranco G., Péter A.: "Akusztikus emissziós mérés-technika - új, korszerű anyagvizsgálati módszer"
XIX. Ipari Elektronikus Mérés- és Szabályozás Szimpózium.
1982. szept. 14-16. Balatonszéplak. pp. 133-144.

1. SZ. MELLÉKLET

32 CSATORNÁS M E L L É K L E T E K MÉRŐ- ÉS
JELFELDOLGOZÓ RENDSZER KIVITELEZÉSE

A 32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer bemenő jeleit az AKUSZTIKUS EMISSZIÓS ÉRZÉKELŐK adják. Piezoelektromos elven működnek, azaz a felületi elmozdulást /sebességet/ elektromos feszültséggé alakítják. A Dunegan-Endevco /USA/ gyártmányu, D9200-as sorozatu érzékelők általánosan használt típusok a.e. mérésekhez.

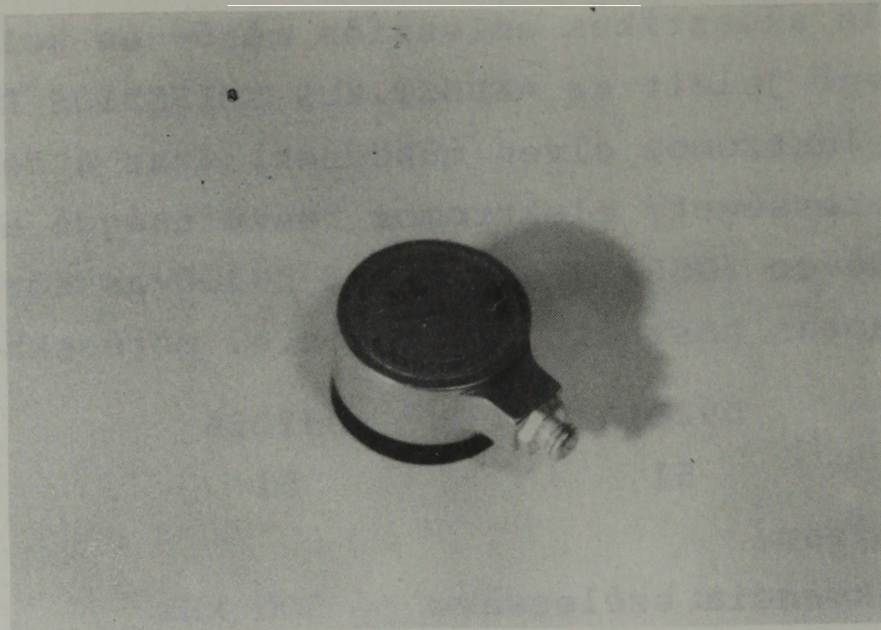
Jellemzők:	D9201A	D9202A	D9203A
Érzékenység:	51	51	62
/dB rel 1 V/m/sec/			
Optimális frekvencia: szélessávu		500 kHz	175 kHz

Működési frekvencia tartomány /kHz/	100-950	350-950	100-400
Hőmérséklettartomány		-54°C ... +121°C	
Irányérzékenység:		±1,5 dB	



1. ábra

D9203A típusu a.e. érzékelő



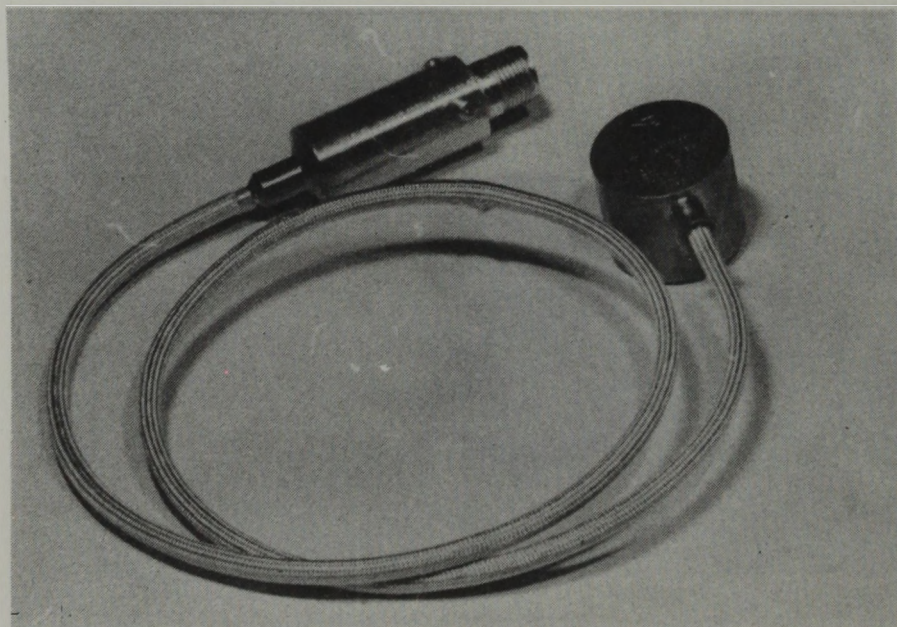
2. ábra

S 9204 tip. /Dunegan-Endevco/ a.e. érzékelő. Folyamatos és kis amplitudóju a.e.jelek mérésére.

Érzékenység: 65 dB rel 1 V/m/sec

Működési frekvencia tartomány: 40 kHz - 200 kHz

Hőmérséklettartomány: $-54^{\circ}\text{C} \dots +93^{\circ}\text{C}$



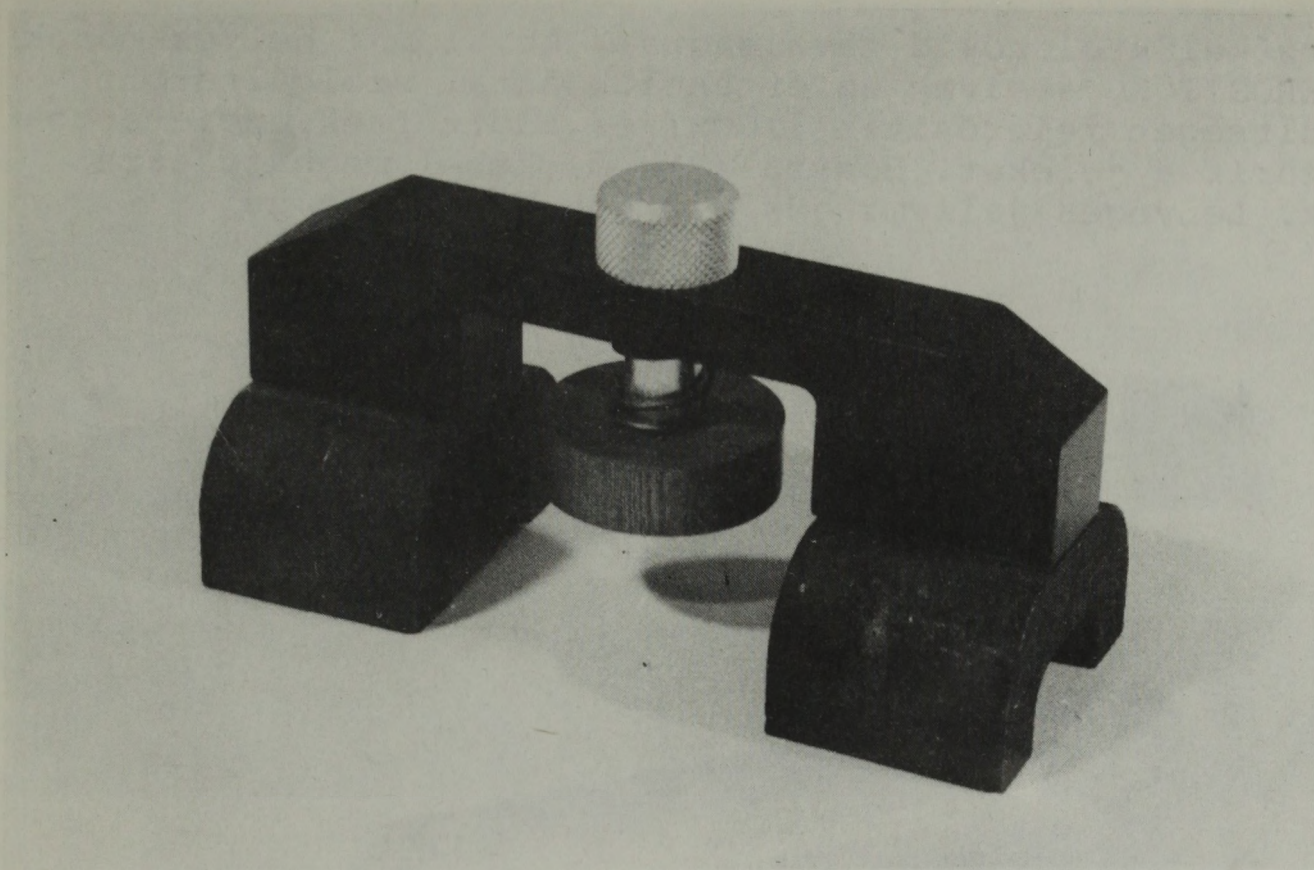
3. ábra

D 9210 M1 tip. /Dunegan-Endevco/ a.e. érzékelő magas hőmérsékletű alkalmazásokhoz.

Érzékenység: -85 dB rel 1 V/ μbar

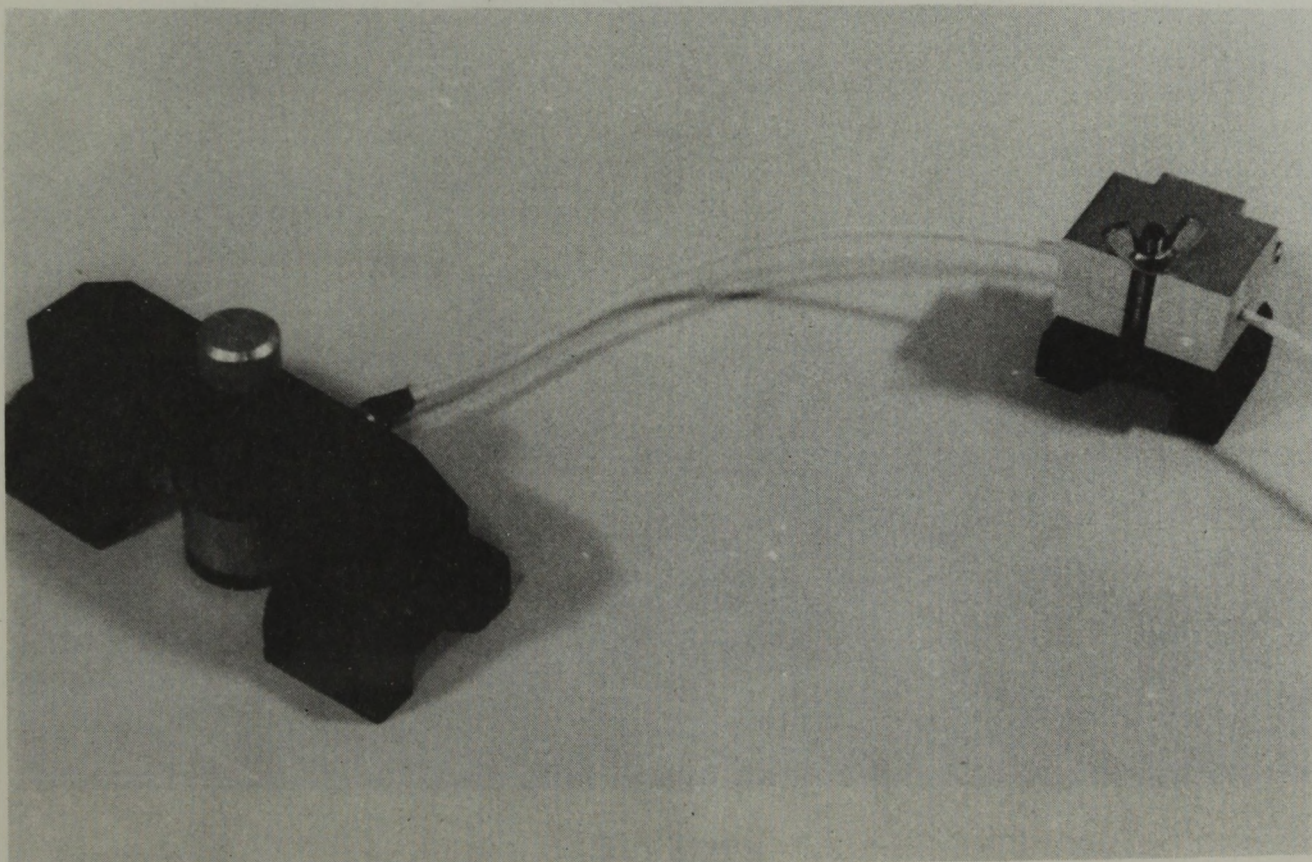
Működési frekvencia tartomány: 300 kHz - 500 kHz

Hőmérséklettartomány: $-180^{\circ}\text{C} \dots +340^{\circ}\text{C}$



4. ábra

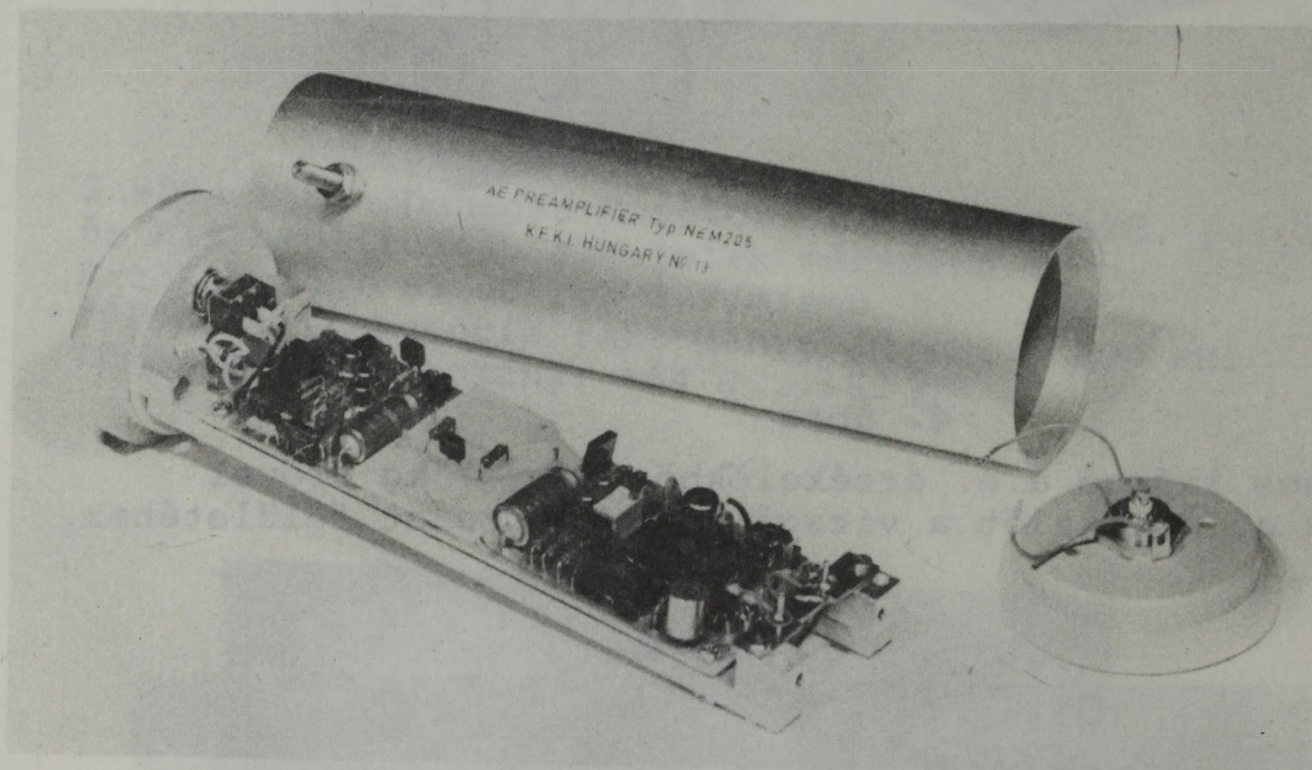
Mágneses lefogó a.e. érzékelőkhöz. Kb. 7 kg erővel nyomja az érzékelőt a vizsgálandó szerkezet felületéhez.



5. ábra

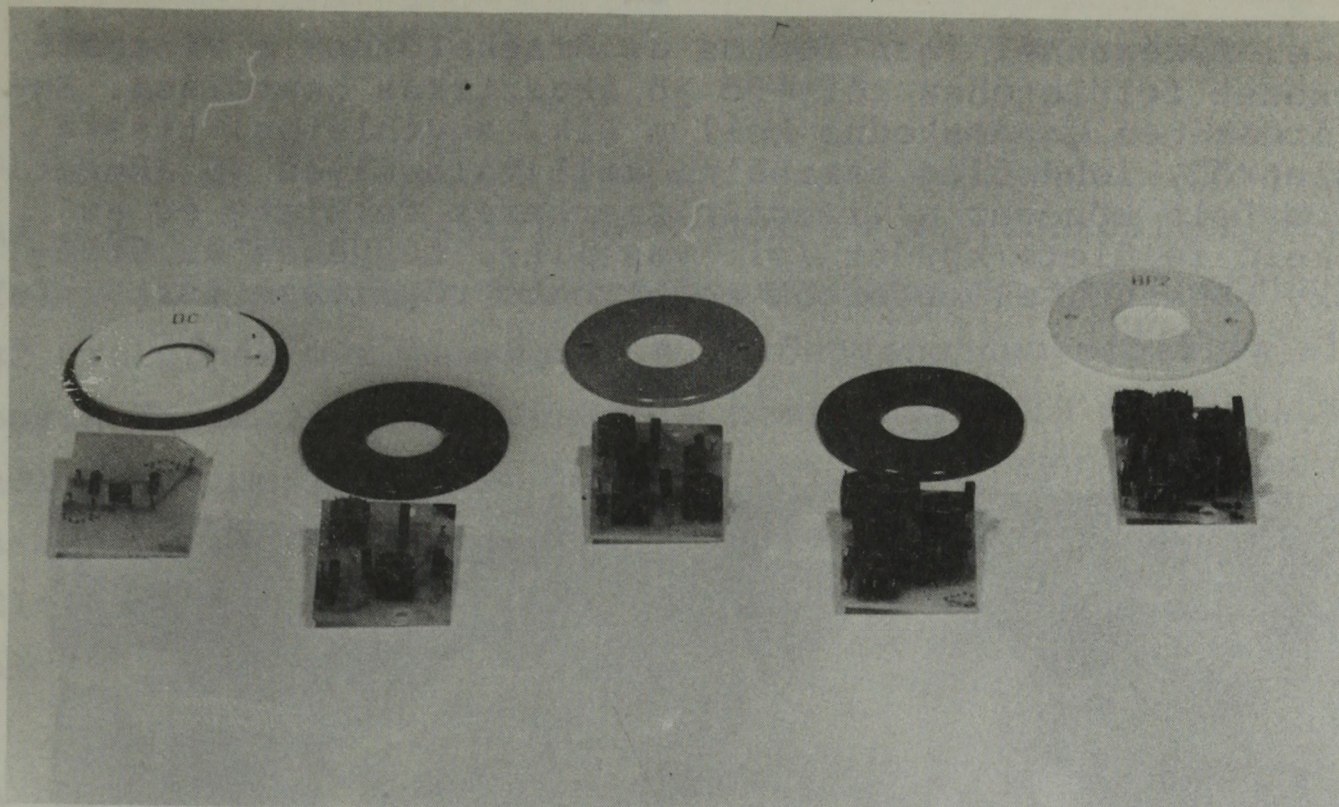
Érzékelő és kábel rögzítése mágneses lefogókkal.

Az a.e. érzékelőktől rövid távolságra / kb. 1 m / helyezkednek el az ELŐERŐSÍTŐK, amelyek az érzékelők által szolgáltatott kis feszültséget felerősítik /100x/ és adott frekvenciatartományban szűrik a jeleket. Hosszu / 50 m/ kábel meghajtására alkalmasak. Lényeges jellemzőjük az igen kis saját zaj. / $3\mu V_{eff}$ /.



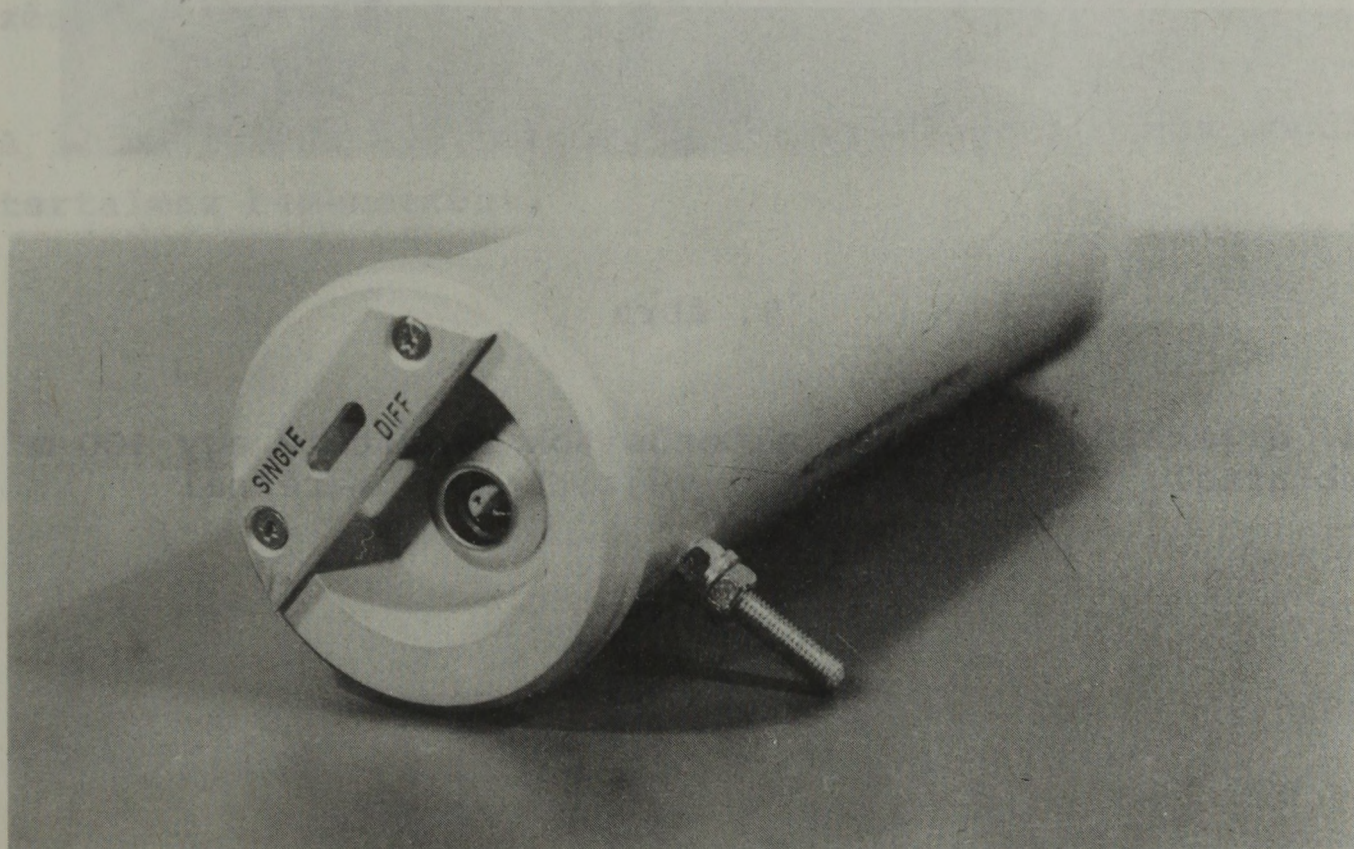
6. ábra

AE. Előerősítő belseje. Középen látható a cserélhető szűrőegység



7. ábra

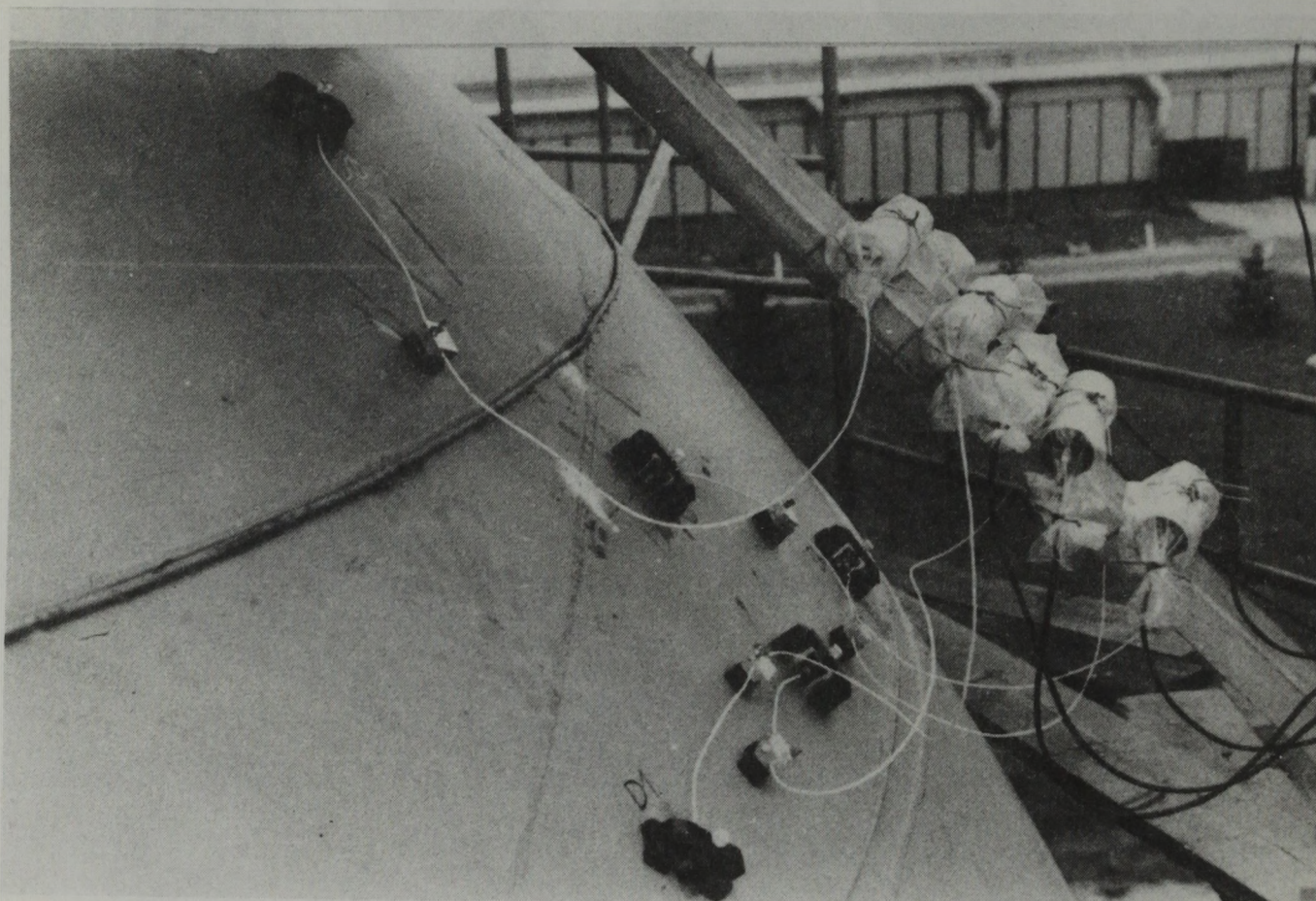
Az a.e. előerősítők cserélhető szűrőegységei. Az alkalmazott szűrőket szintárcsával jelezzük, amely az előerősítő külső /elmenő kábel/ oldalára van rögzítve.



8. ábra

AE. Előerősítő ipari, robosztus kivitelben, csöpögő vízmentes szereléssel készült. Aszimmetrikus és szimmetrikus a.e. érzékelők jeleit fogadja.
Külső méretei: átmérő: 60 mm, hosszúság: 210 mm

Az a.e. méréseknél igen fontos az érzékelőknek a vizsgált szerkezet felületéhez történő jó akusztikus csatolása. Ennek érdekében gondoskodni kell a sík, egyenletes, tiszta felületről, lehetőleg használni kell valamilyen jó akusztikus csatoló közeget a vizsgált szerkezet felülete és az érzékelő felülete között /pl. vazelin/. Lényeges az érzékelők, kábelek, előerősítők megbízható rögzítése is.



9. ábra

A.E. érzékelők, kábelek, előerősítők rögzítése egy 400 m^3 gömbtartály nyomáspróbájánál végzett a.e. mérésnél

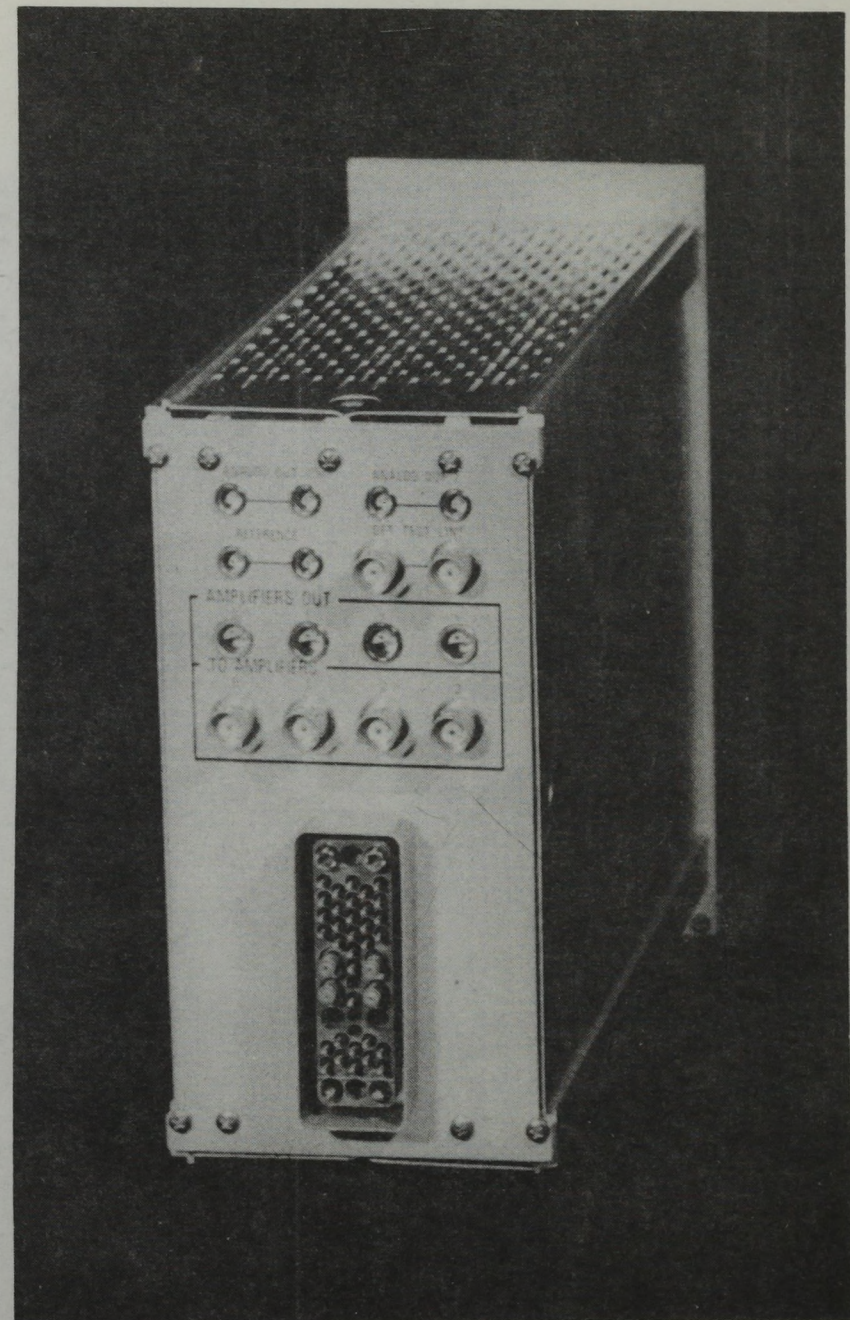
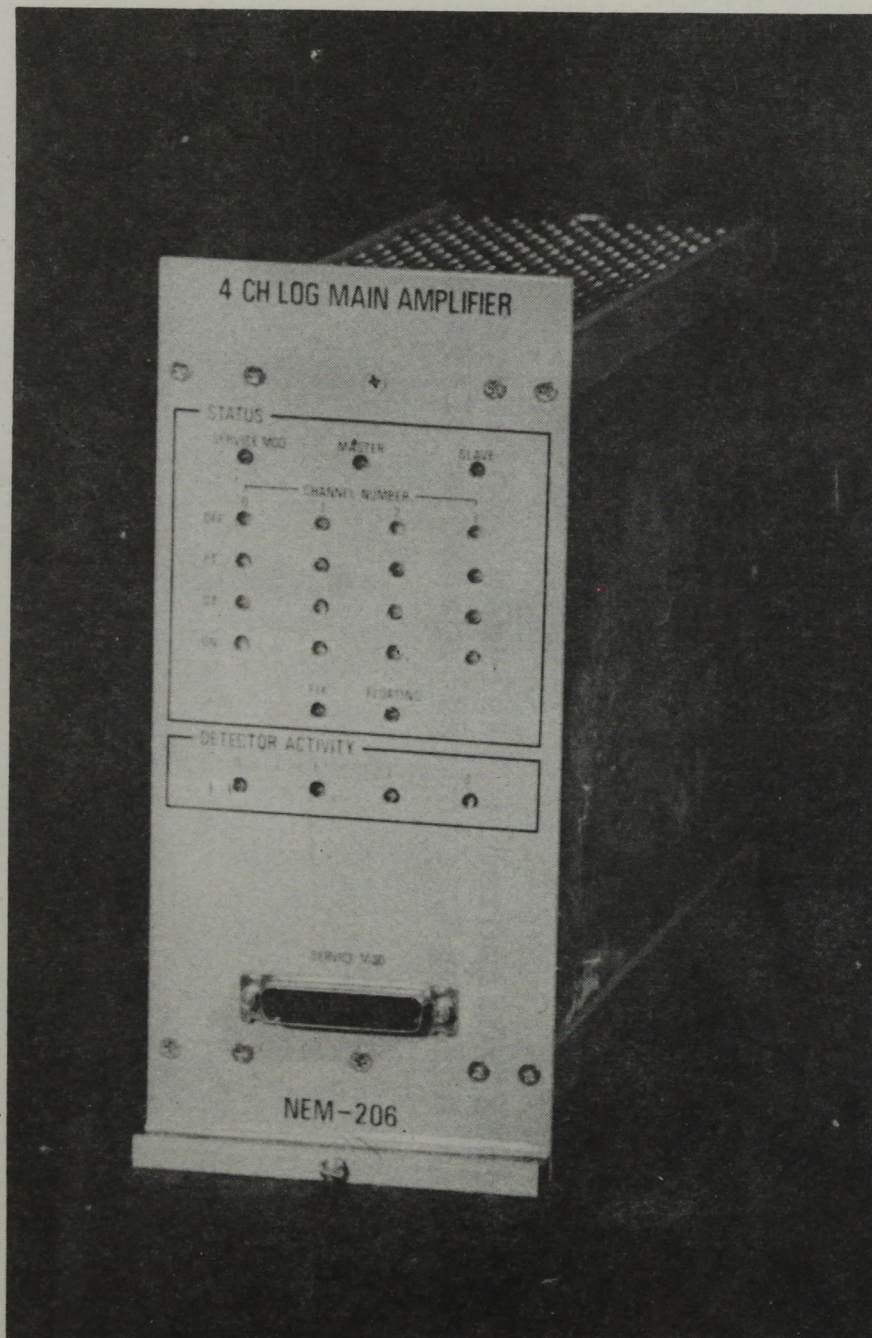
Az a.e. érzékelők által detektált és az előerősítők által felerősített, szűrt jeleket hosszú kábelen vezethetjük a 32 csatornás mérőegységbe. A mérőegység funkcionális alapon fizikailag elkülönülő, a nemzetközi NIM mechanikai normáknak megfelelő modulokból áll.

A modulokat speciális busz-rendszer fogja össze, ahol a digitalizált jelek, vezérlő jelek egységes, uniformizált alakban találhatók.

A bemenő modul a "NÉGYCSATORNÁS LOGARITMIKUS FŐERŐSÍTŐ", amely négy érzékelő jelét fogadja és logaritmikus jelleggel erősíti /4 dekád amplitudó dinamikát megőrizve/.

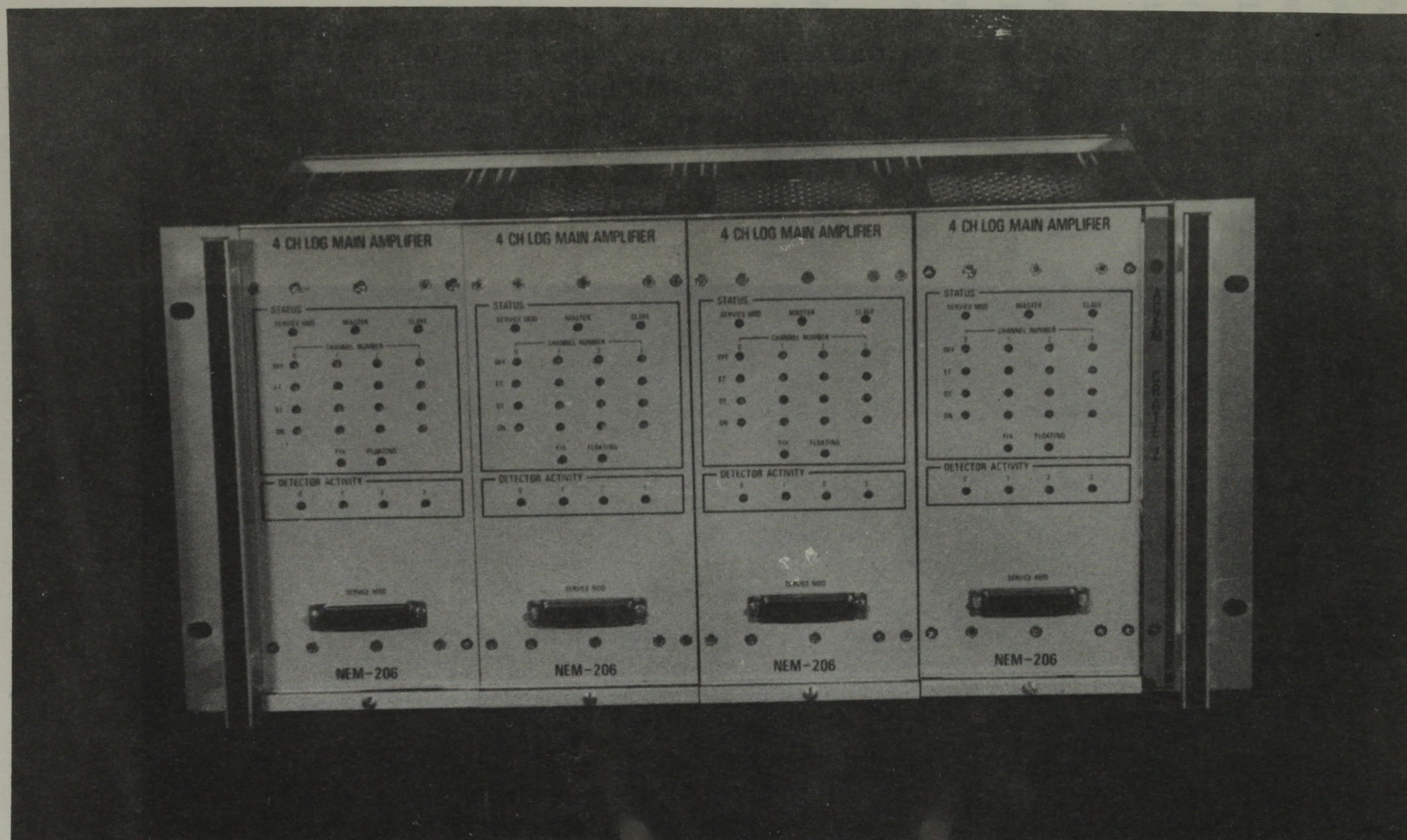
A logaritmikus jellegű erősítés megakadályozza a túl- ill. alulvezérlést, lehetővé teszi az analóg jelek mágnesszalagon való rögzíthetőségét a teljes dinamikatartomány megőrzése mellett.

A 32 csatornás a.e. mérőegység 8 db négycsatornás modult tartalmaz bemenetként.



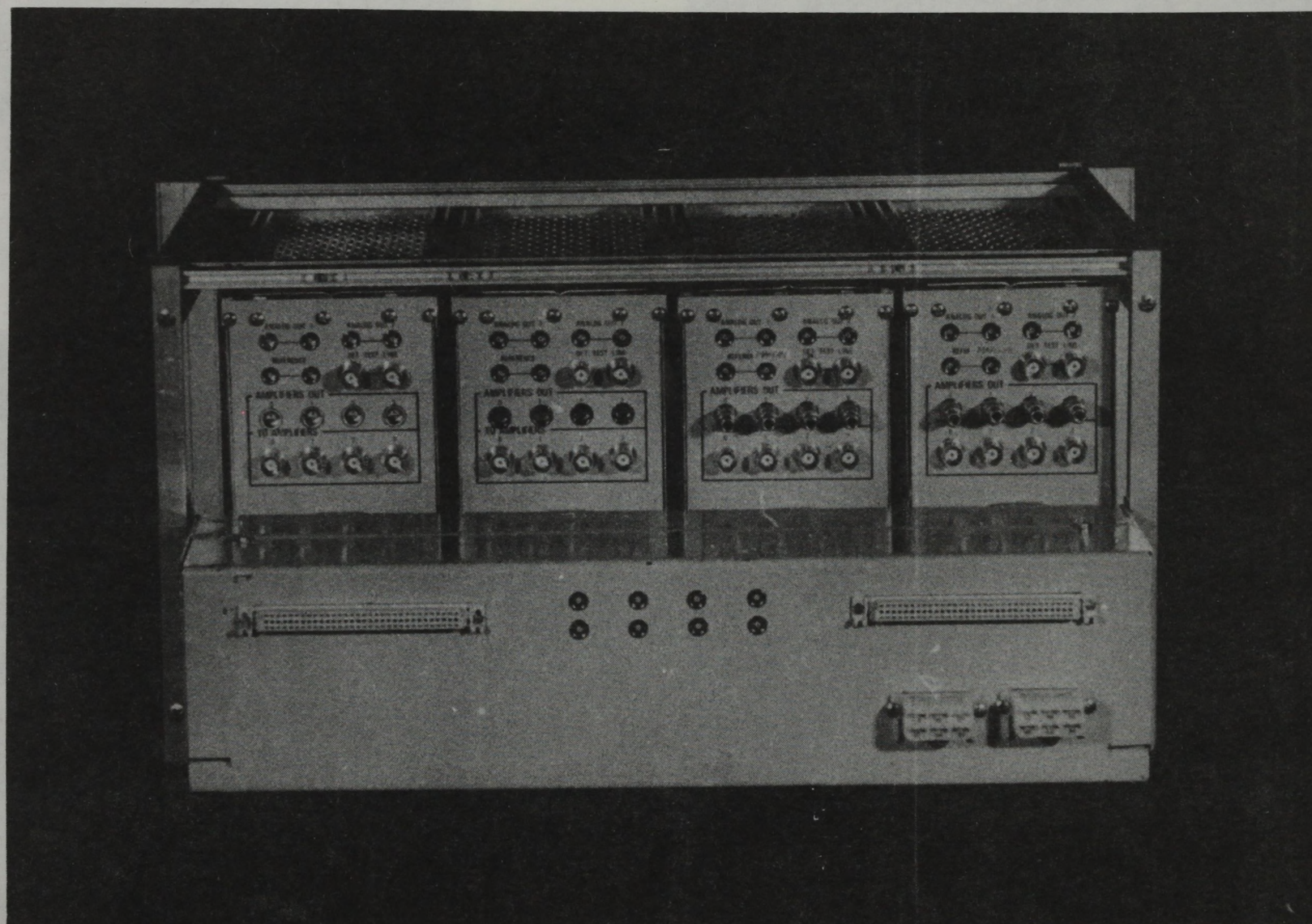
10. ábra

A négycsatornás logaritmusos főerősítő elől- és hátulnézetben. Az erősítők üzemmódjai egyenként programozhatók a számítógép segítségével. A hátoldalon található a be- és kimenő jelek csatlakozói.



11. ábra

A 8 db négycsatornás logaritmikus erősítő négyesével helyezkedik el két darab 19" szélességű, 222 mm magas keretben /"crate"/.



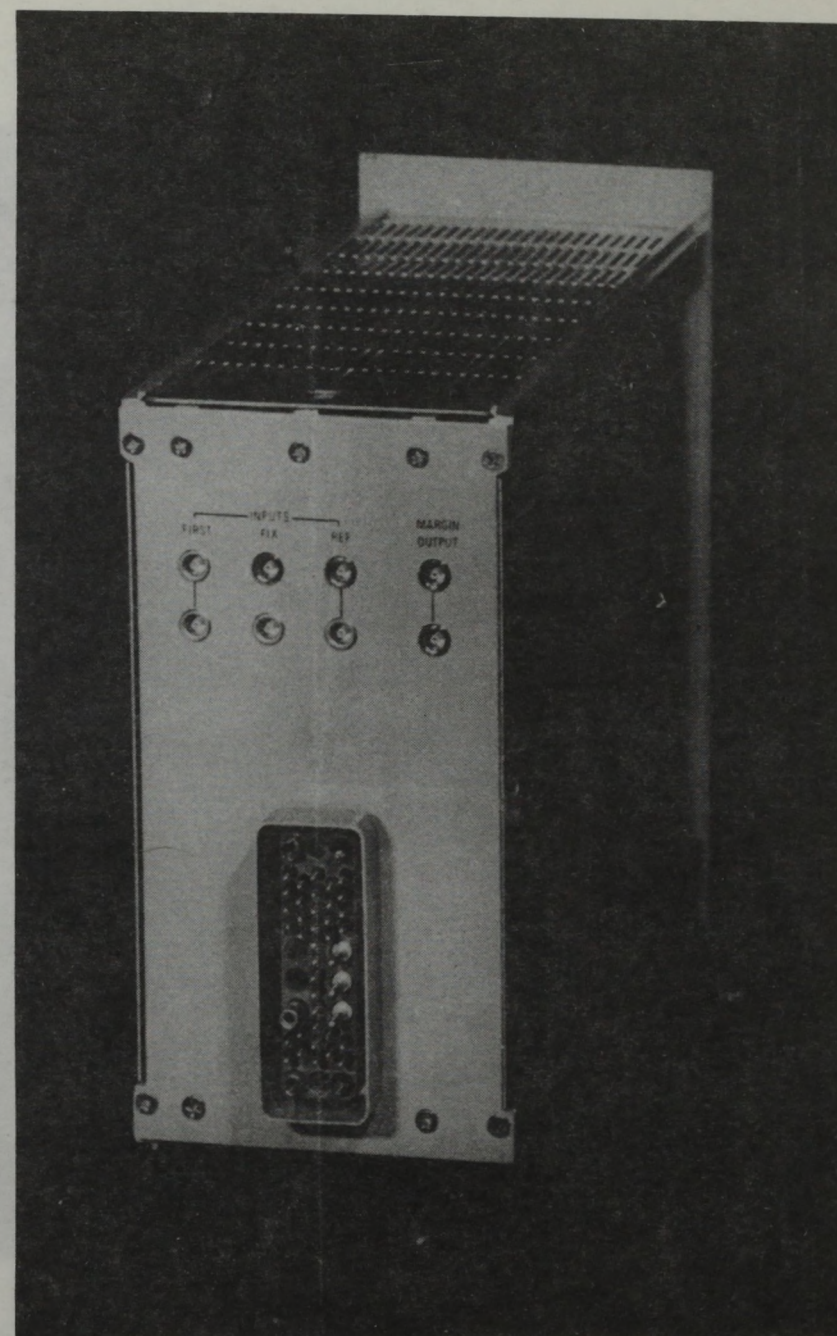
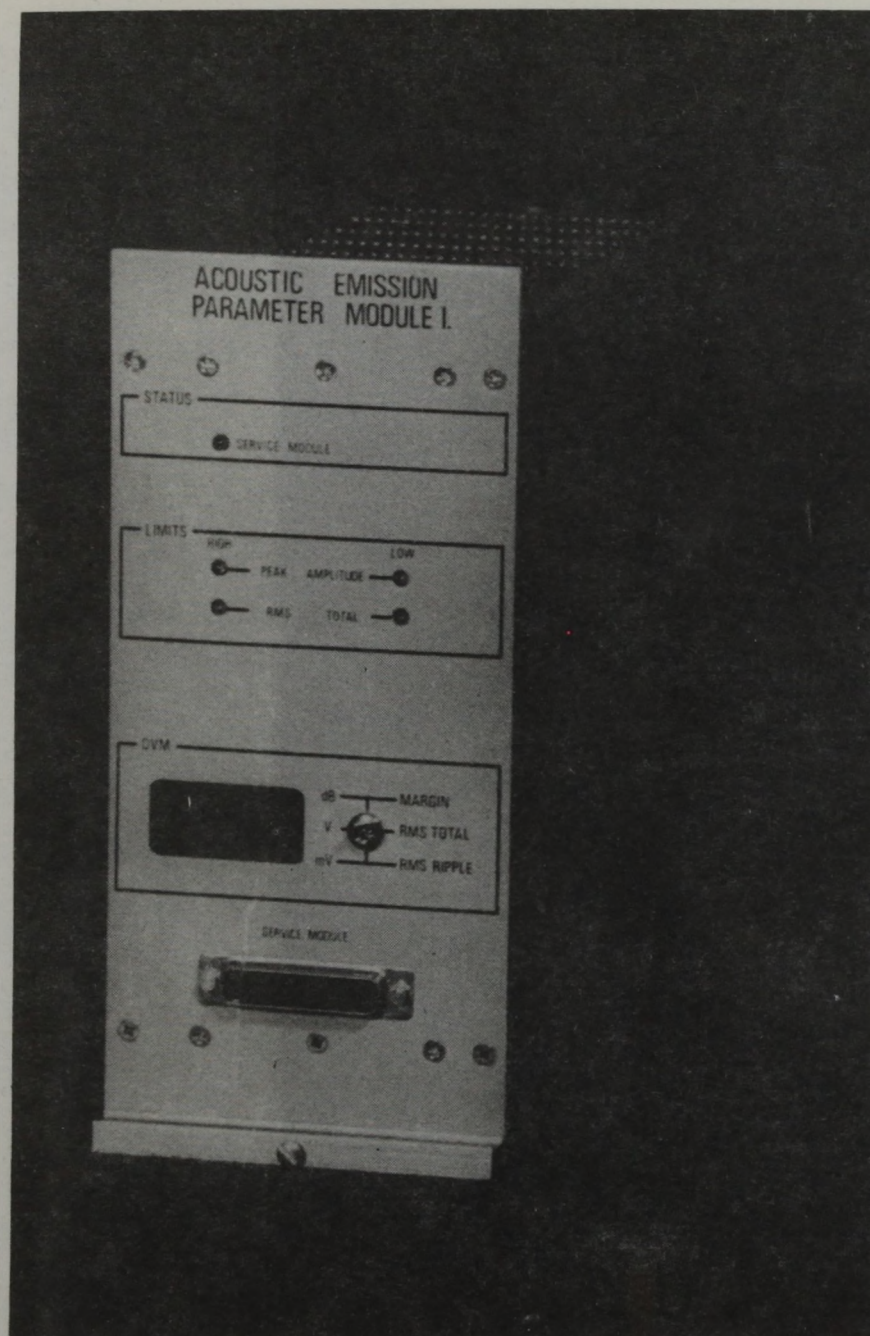
12. ábra

A négycsatornás logaritmusos főerősítő modulok a keretben, hátulról. Jól látható a modulokat összefogó buszrendszer védő doboza, valamint az egyes kereteket összefogó jelvezeték-csatlakozó és a különálló tápfeszültségcsatlakozó.

A négycsatornás logaritmikus főerősítő modulokból a jelek az AKUSZTIKUS EMISSZIÓS PARAMÉTER MODUL"-okba jutnak, amely modulok megméri a tranziens jellegű és a folyamatos jellegű a.e. jelek lényeges, információt hordozó jellemzőit. /csúcsamplitúdó, oszcillációs szám, energia, felfutási idő, időtartam, átlagérték, effektívérték, hullámosság, stb./

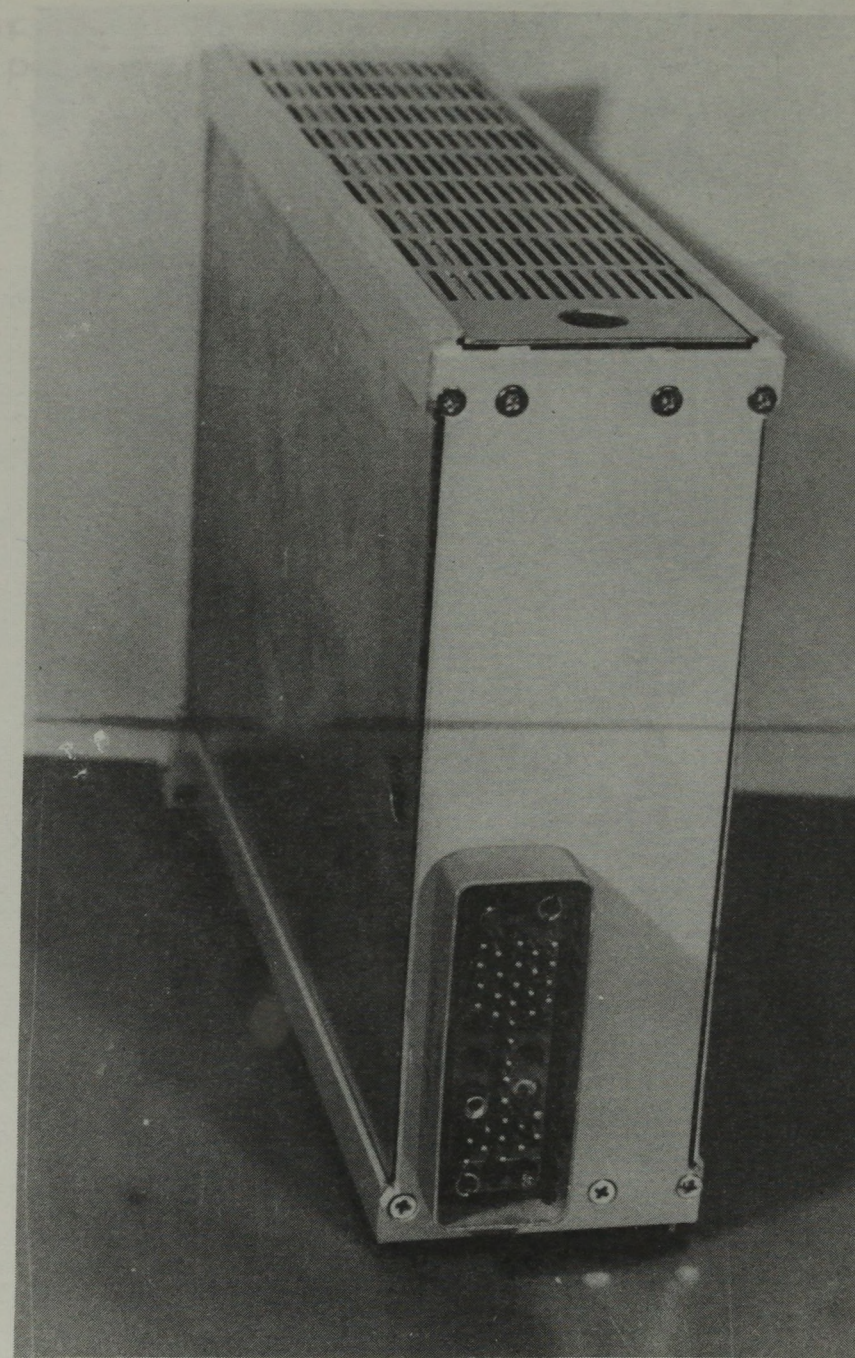
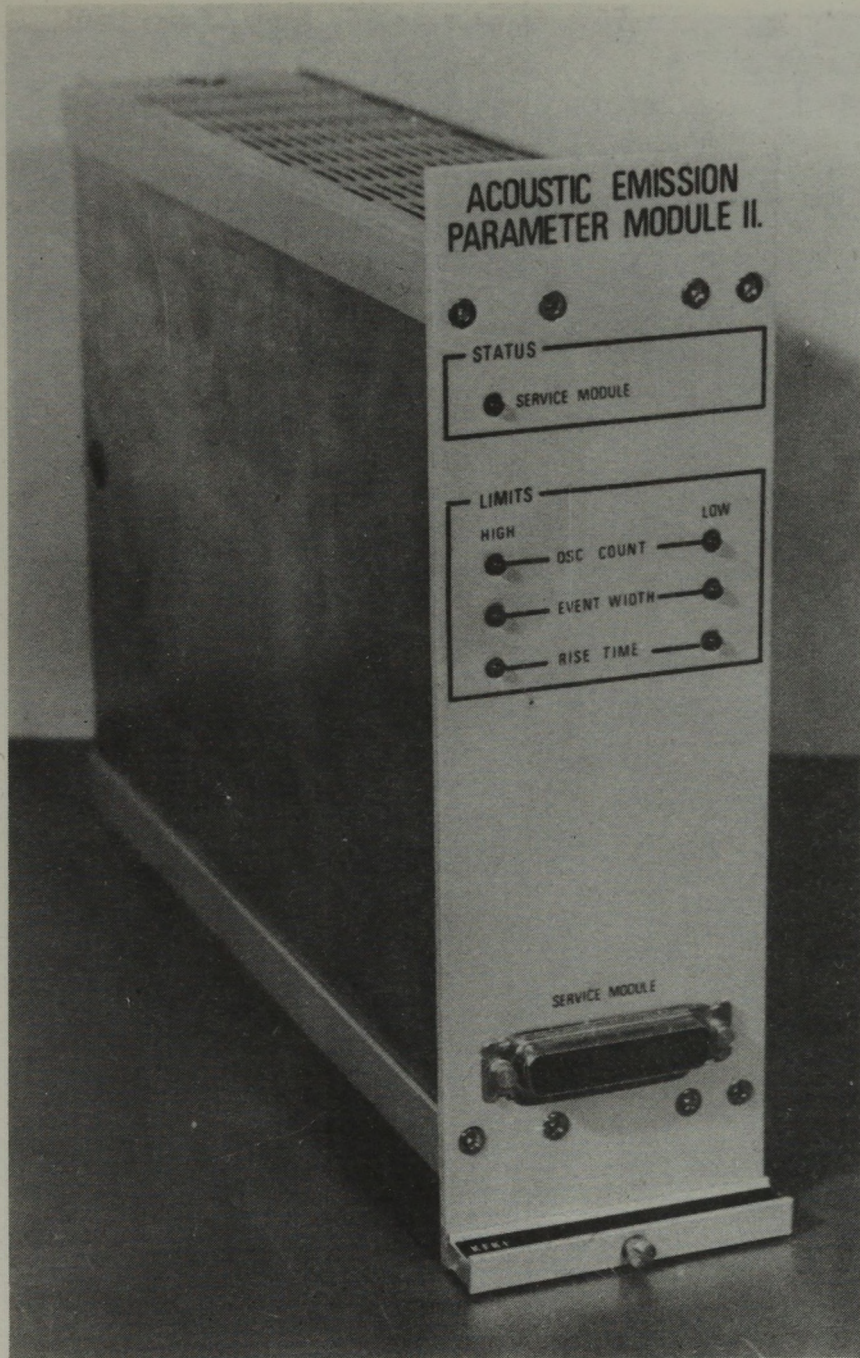
Az akusztikus emissziós jelek mellett lehetőség van összesen 16 db környezeti, független paraméter megmérésére is /pl. erő, nyomás, hőmérséklet, elmozdulás, fárasztási ciklusszám, stb./ a "PARAMÉTER MODULOK"-okkal.

A megmért értékek digitalizált megfelelői a számítógépbe jutnak további adatfeldolgozás céljából.



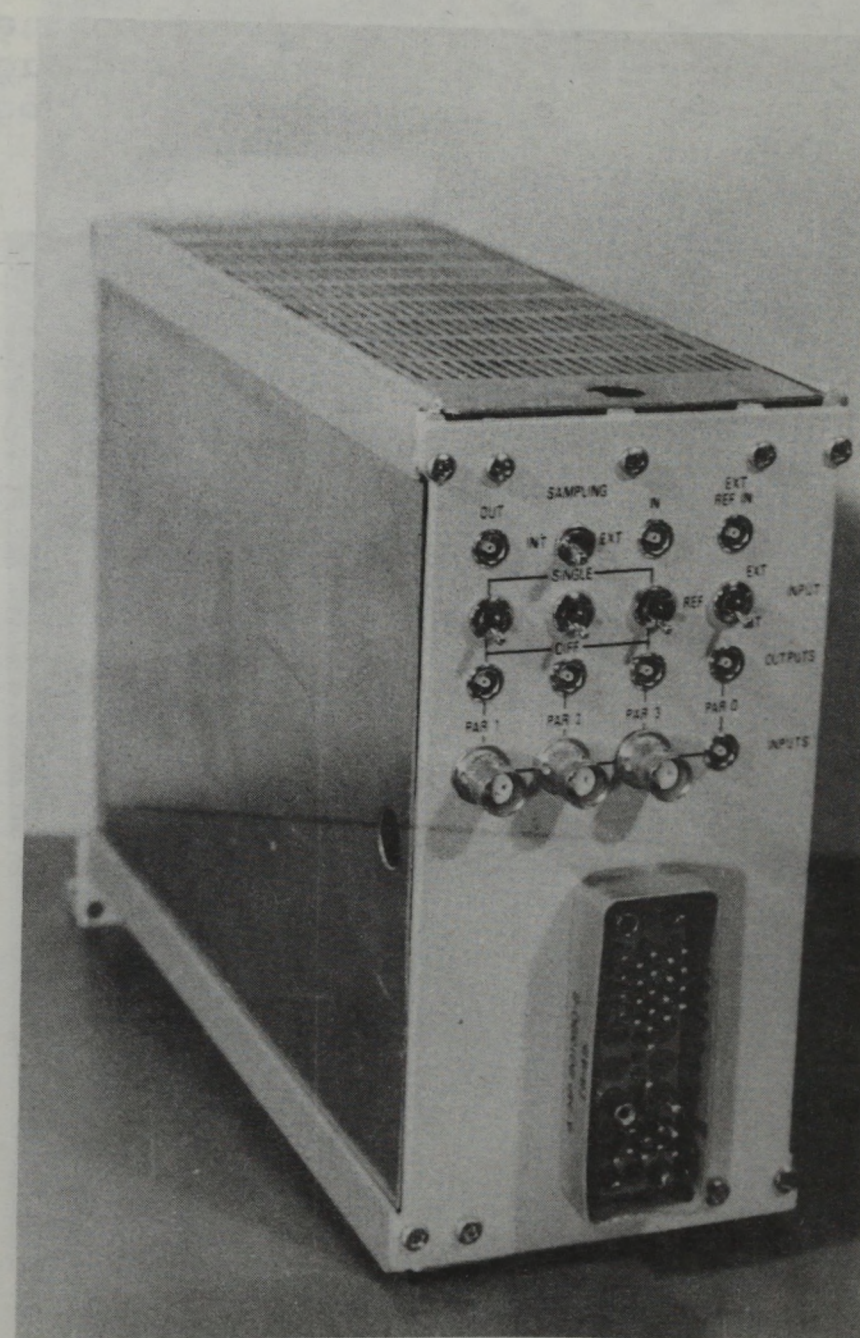
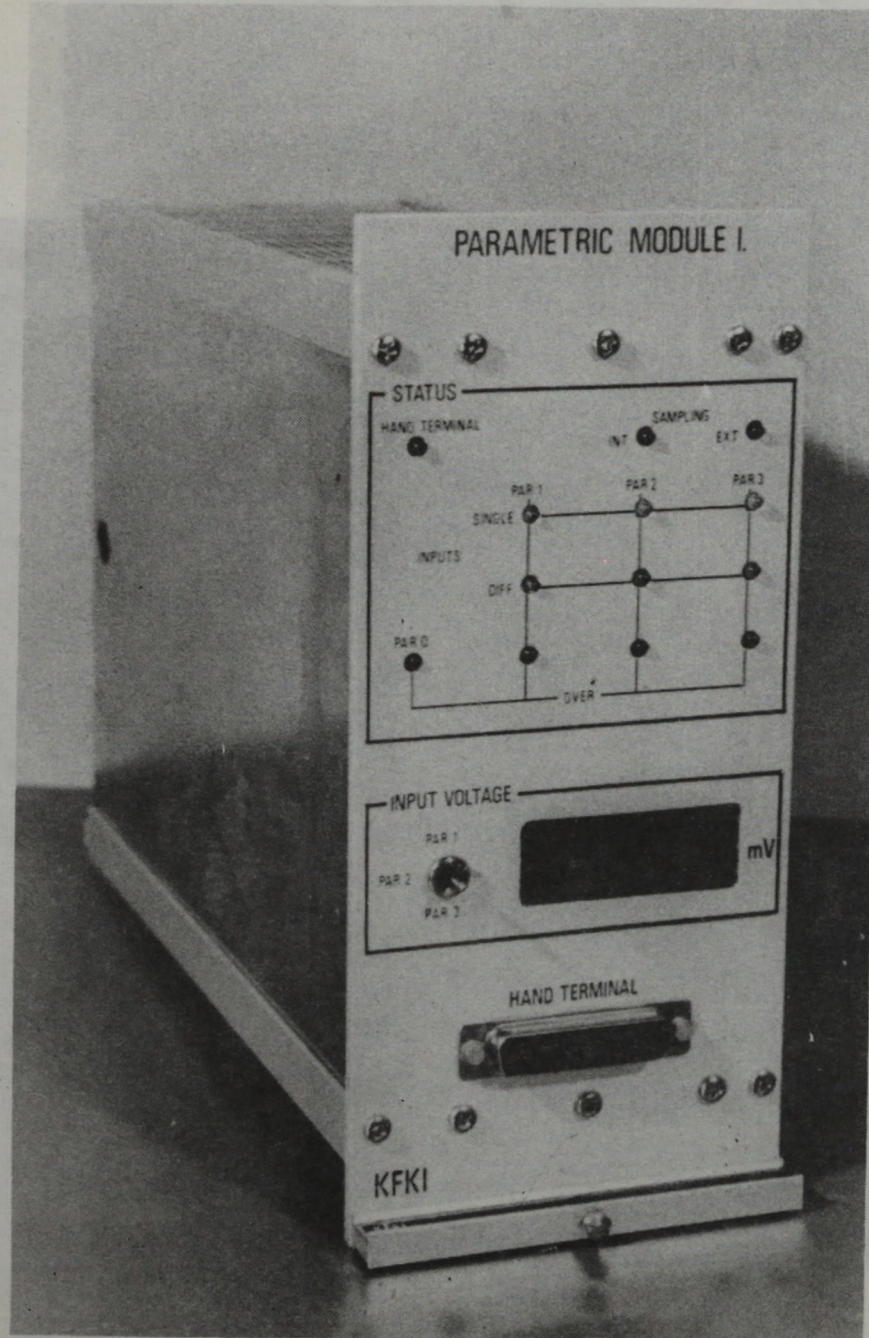
13. ábra

Az akusztikus emissziós paraméter mérőegység /1/ elől- és hátulnézetben. Az egység megméri az elsőként megszólaló és egy előre programozott érzékelő tranziens illetve folyamatos jeleinek mindenképpen lényeges jellemzőjét. A csúcsmértékére és az effektív értékre határértékek programozhatók.



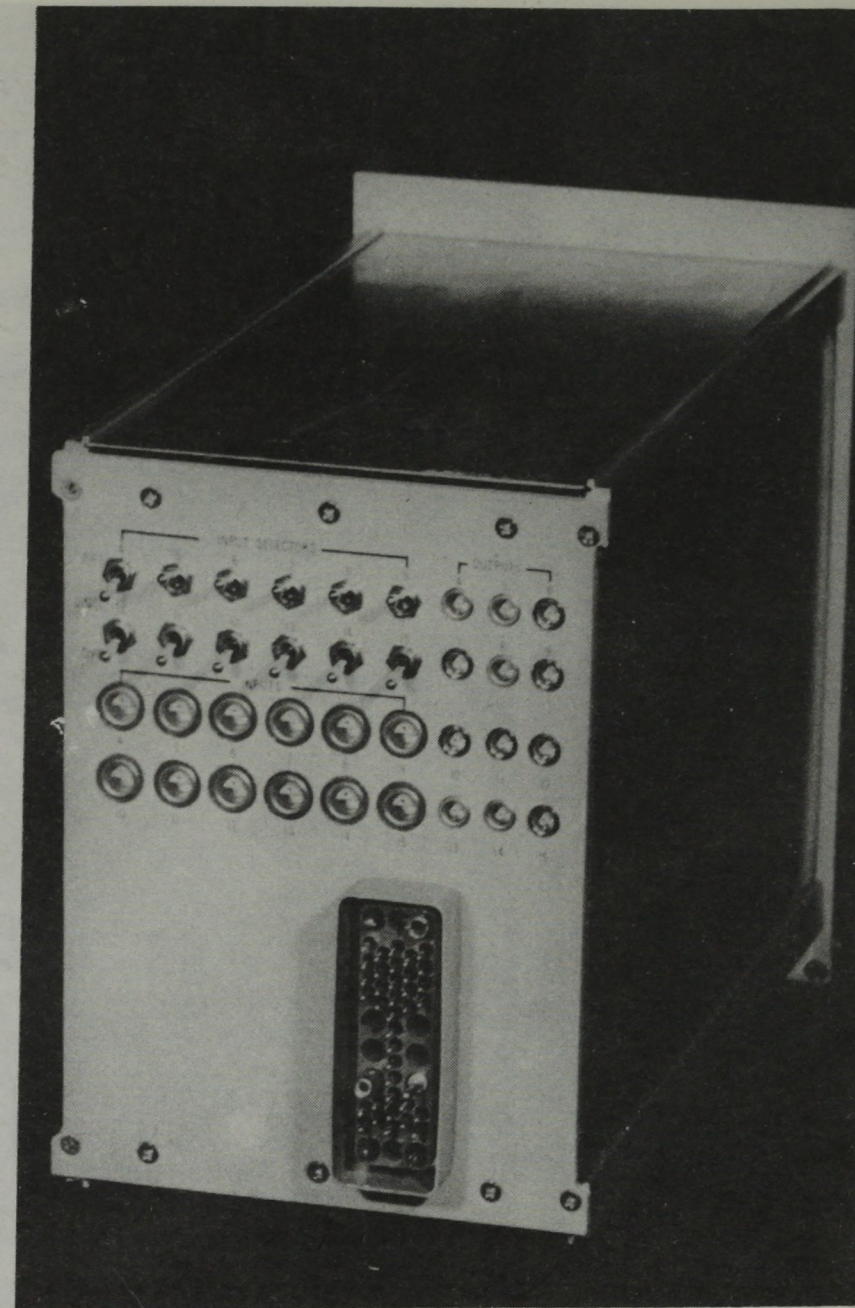
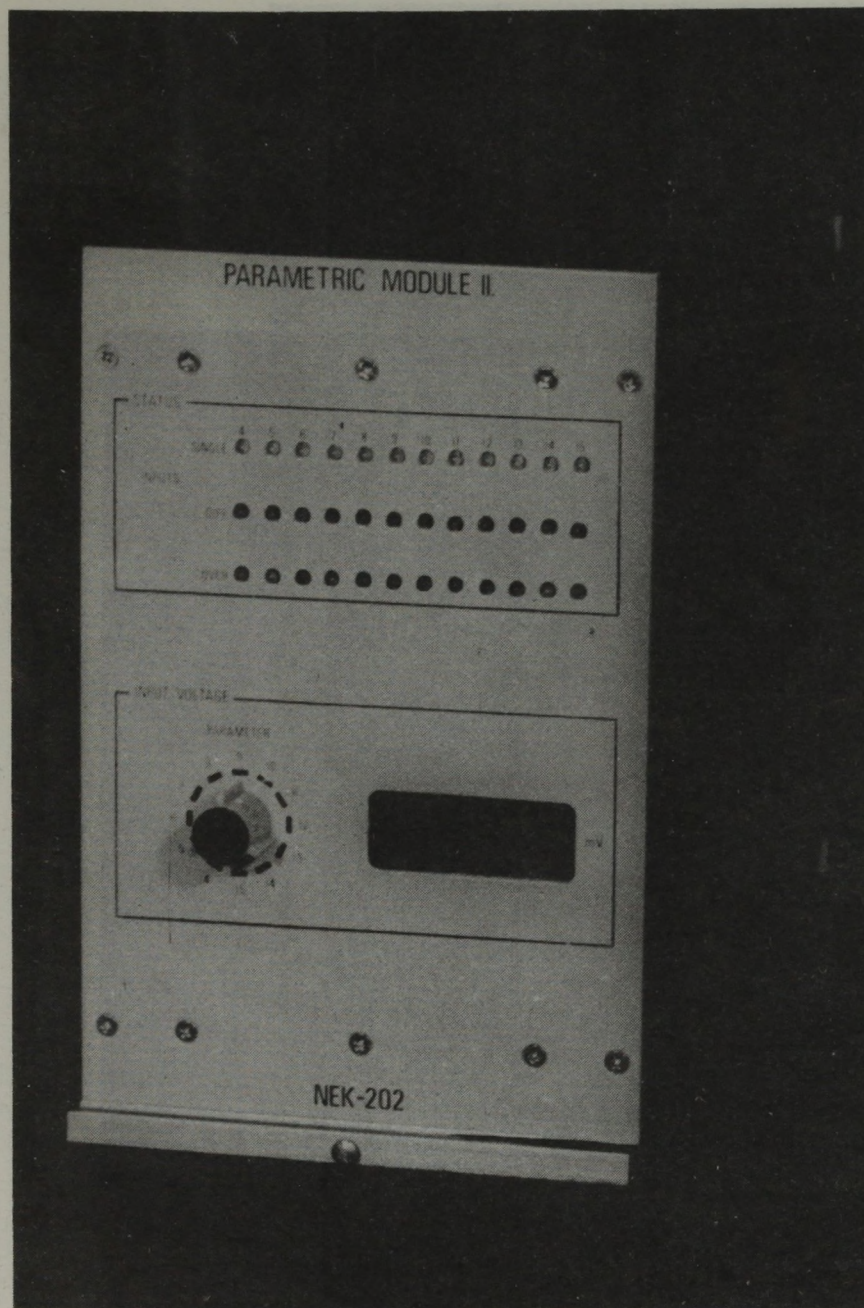
14. ábra

Az akusztikus emissziós paraméter mérőegység /2/ elől- és hátulnézetben. Az egység az elsőként megszólaló és egy előre programozott érzékelő transziens jeleinek időtartamát, felfutási idejét, oszcilláció számát méri meg. A mérendő jellemzőkre határértékek adhatók meg.



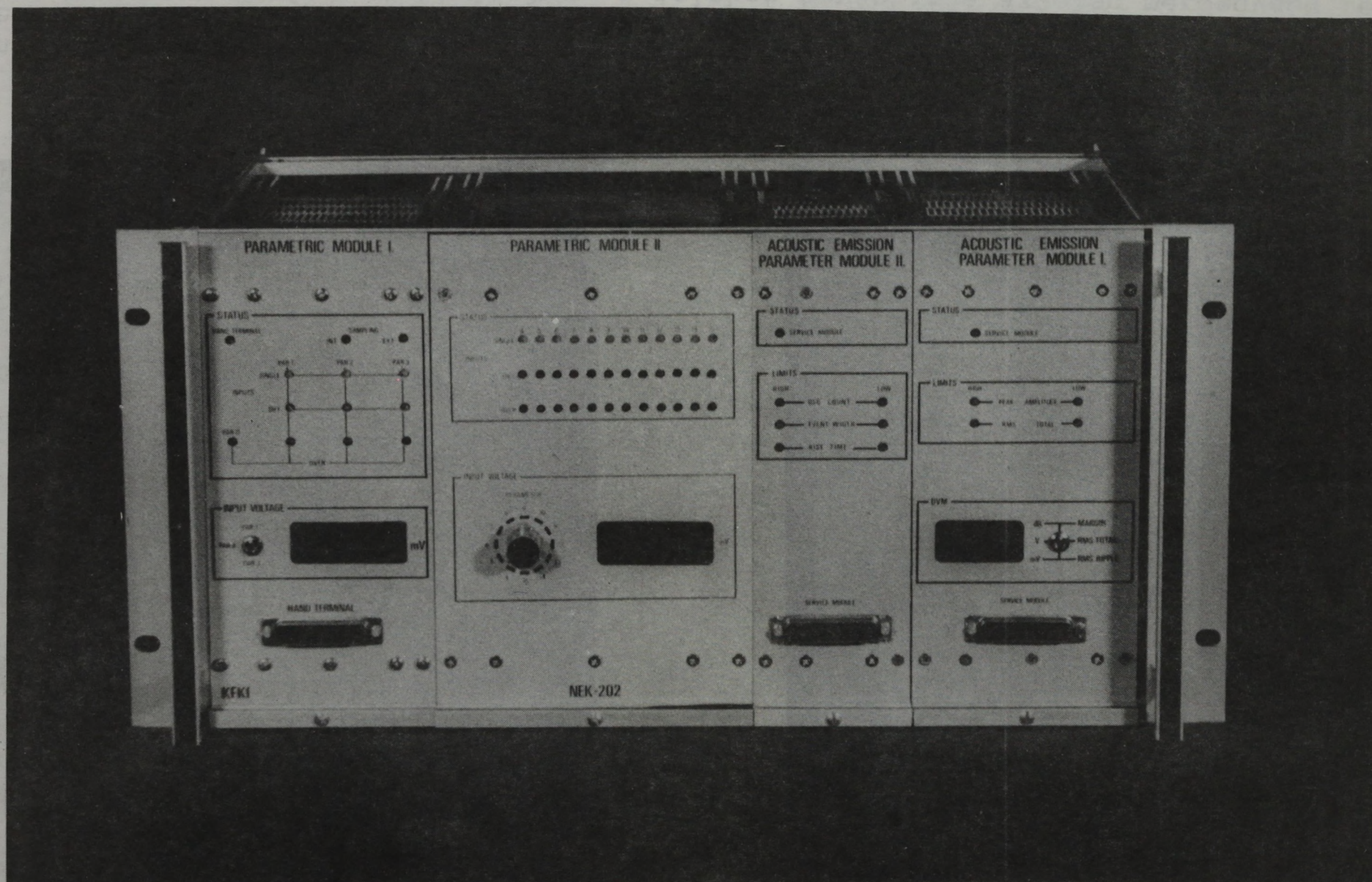
15. ábra

A környezeti paraméter mérőegység /1/ elől- és hátulnézetben. Ez az egység egy digitális /ciklusszámláló/ és három analóg bemenettel rendelkezik. A másik mérőegység jeleivel együtt 16 bemeneti jelet mér meg egyidejűleg.



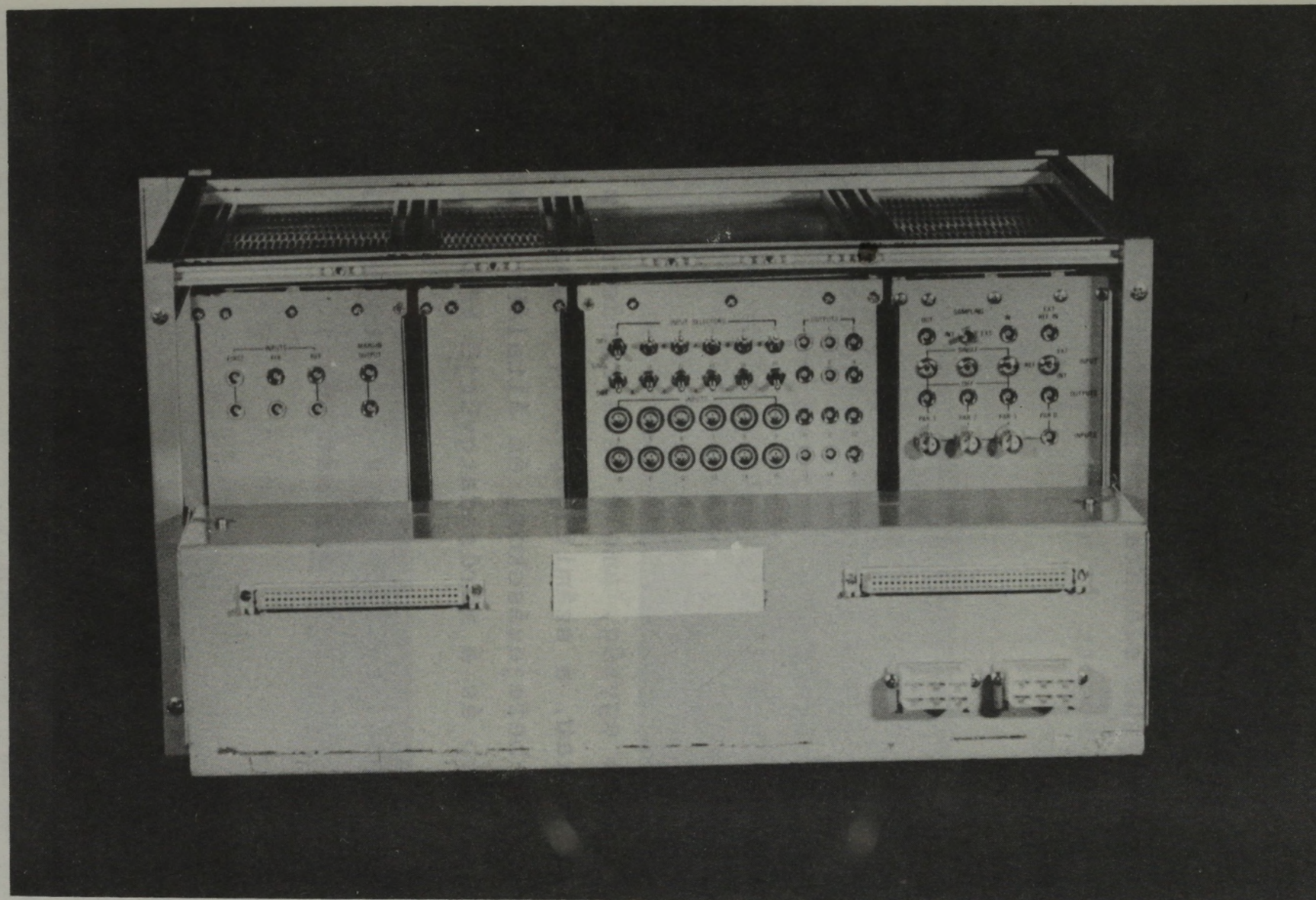
16. ábra

Környezeti paraméter mérőegység /2/ elől- és hátulnézetben. Ez az egység 13 analóg bemenettel rendelkezik /szimmetrikus ill. aszimmetrikus bemenet választható/. A felerősített, szűrt, mintavételezett jeleket továbbítja az első mérőegység felé. Az egyes bemenő jelek amplitudóinak digitális kijelzésére lehetőség van az előlapon.



17. ábra

Az akusztikus emissziós és a környezeti paramétereket mérő modulok /4 db/ egy 19" szélességű, 222 mm magas keretben /"Crate"/ foglalnak helyet. A lényegesebb paraméterek számjegyes formában történő előlapi kijelzésére lehetőség van.



18. ábra

Az akusztikus emissziós és környezeti paramétereket mérő modulokat tartalmazó keret hátulnézetben. Jól láthatók a környezeti paraméterek be- és kimenő jelcsatlakozói, a keret busz-csatlakozói valamint a tápfeszültség csatlakozók.

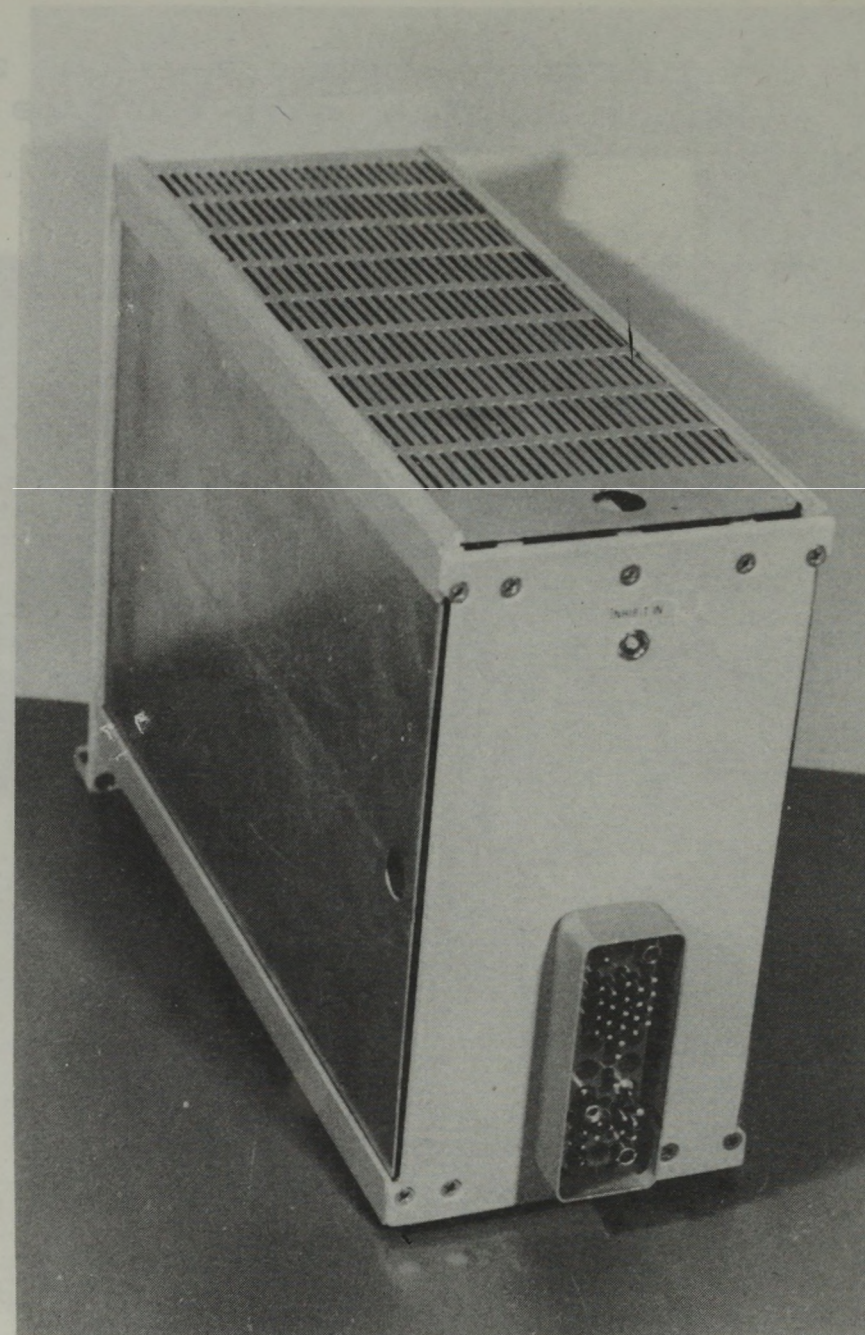
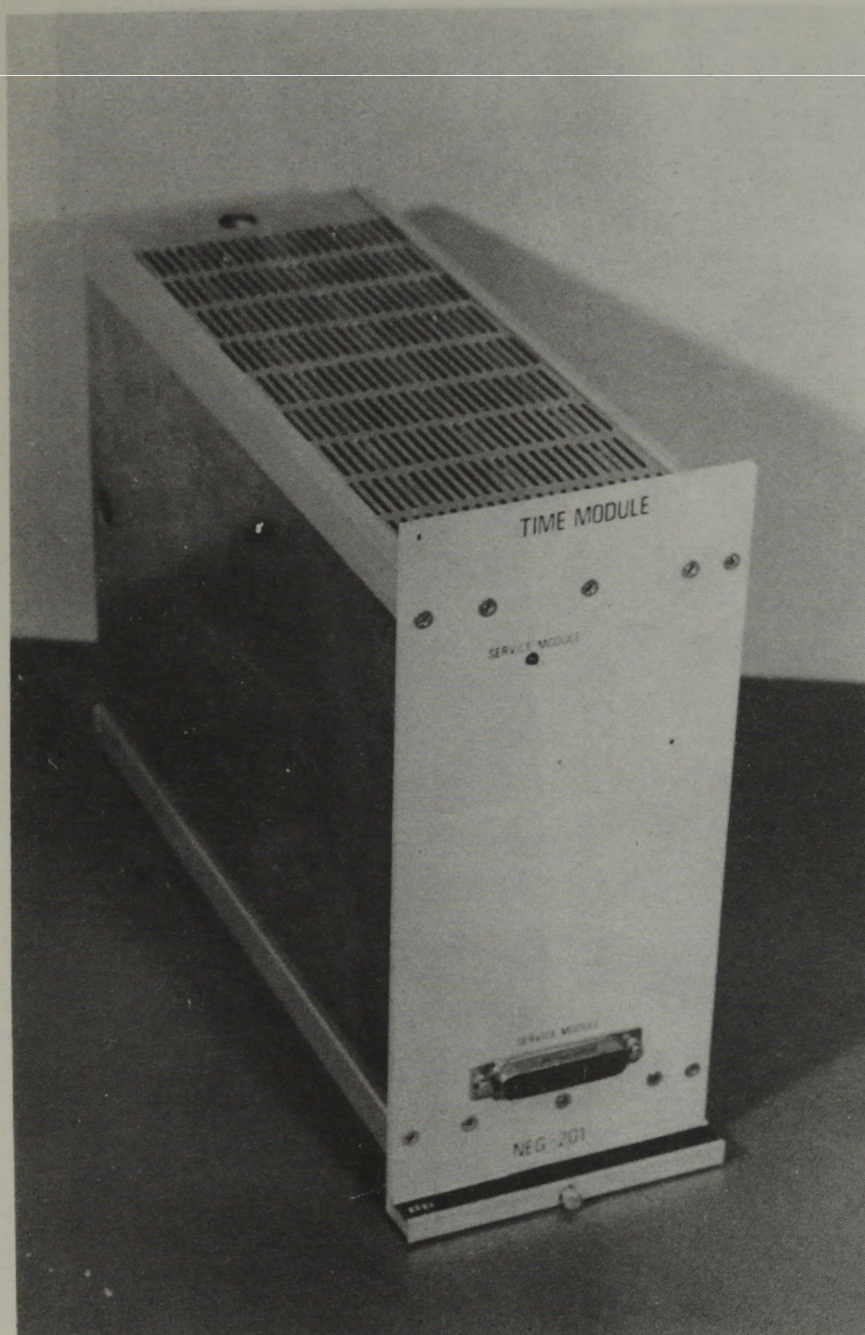
Az "IDŐMODUL" méri meg max. négy detektor megszólalása közötti időkülönbségeket, amelyek az a.e. forrás lokalizálásához szükségesek.

Az "AUDIO MODUL" emberi fül számára hallhatóvá teszi az egyes a.e. érzékelők által felfogott jeleket, ezzel további értékes információhoz juthatunk.

A "TESZT MODUL" olyan vizsgáló egység, amelynek a segítségével lehetővé válik az egész mérőrendszer ellenőrzése, pontosságának mérése. Lehetőség van a távol elhelyezett előerősítők, kábelek, érzékelők, érzékelők-felületek közötti akusztikus csatolás működőképességének illetve minőségének ellenőrzésére is.

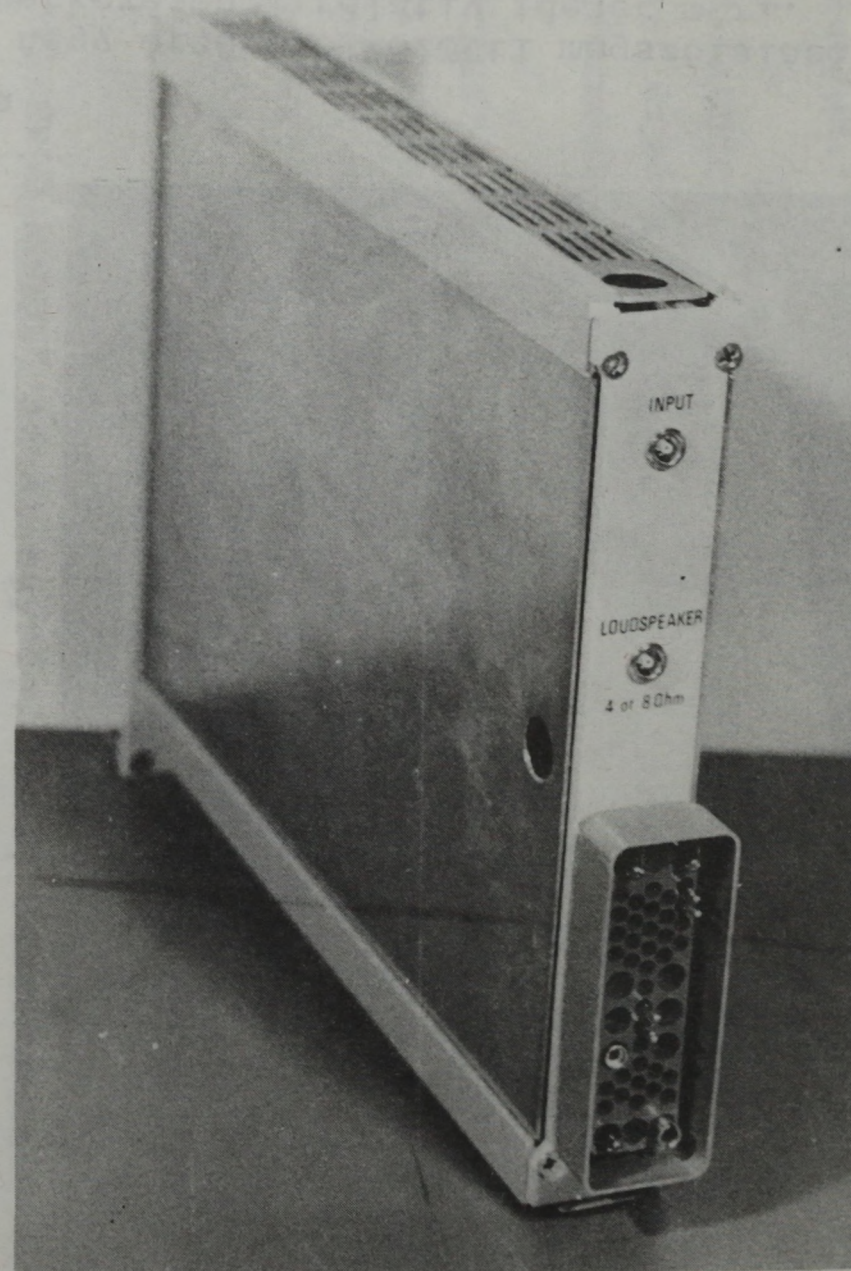
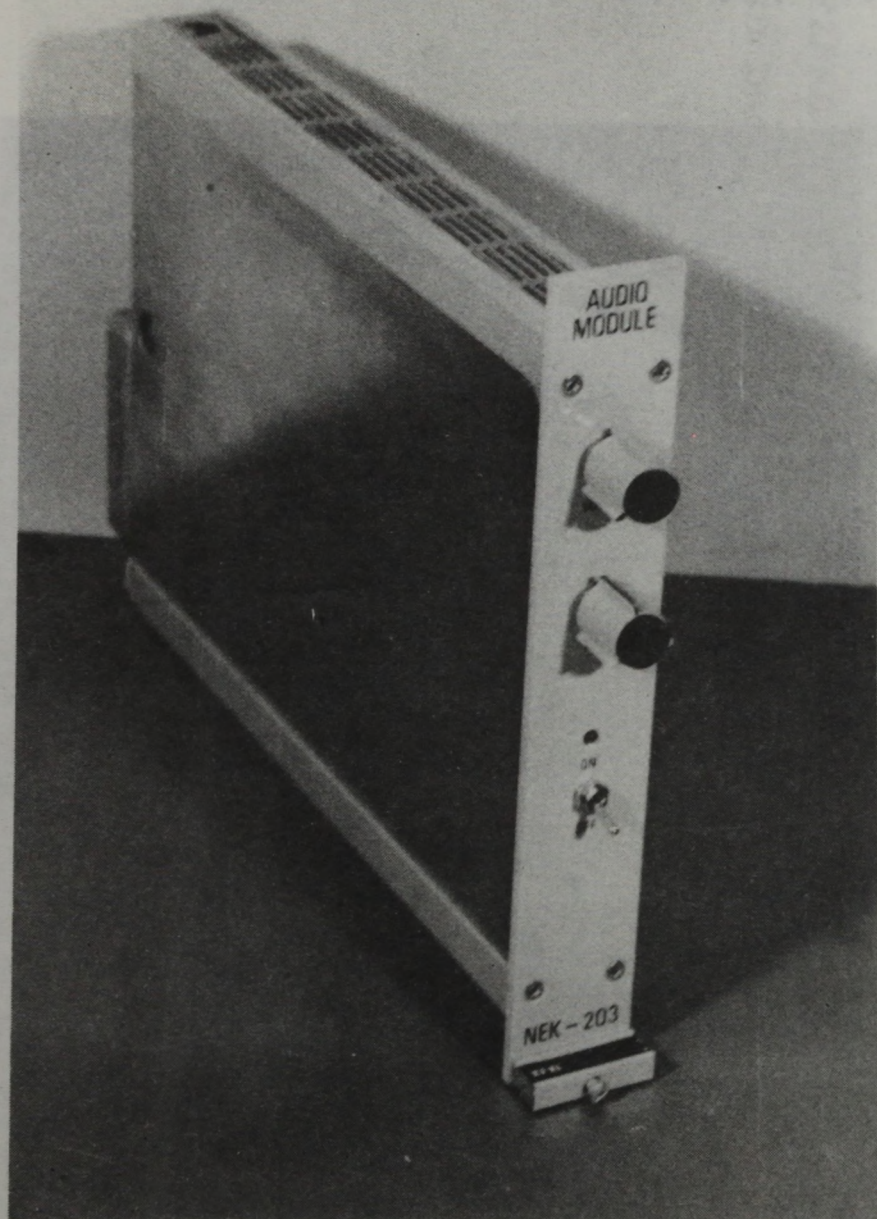
A "VEZÉRLŐ MODUL" az az egység, amely összerendezi az egyes modulok által mért adatokat, a számítógép felé megszakítást kér egy-egy mérési sorozat befejezésekor, és általában tartja a kapcsolatot a számítógép és a mérésadatgyűjtő között.

A "LEZÁRÓ MODUL" a mérésadatgyűjtő és a számítógép közötti hosszú buszrendszer illesztett lezárását végzi.



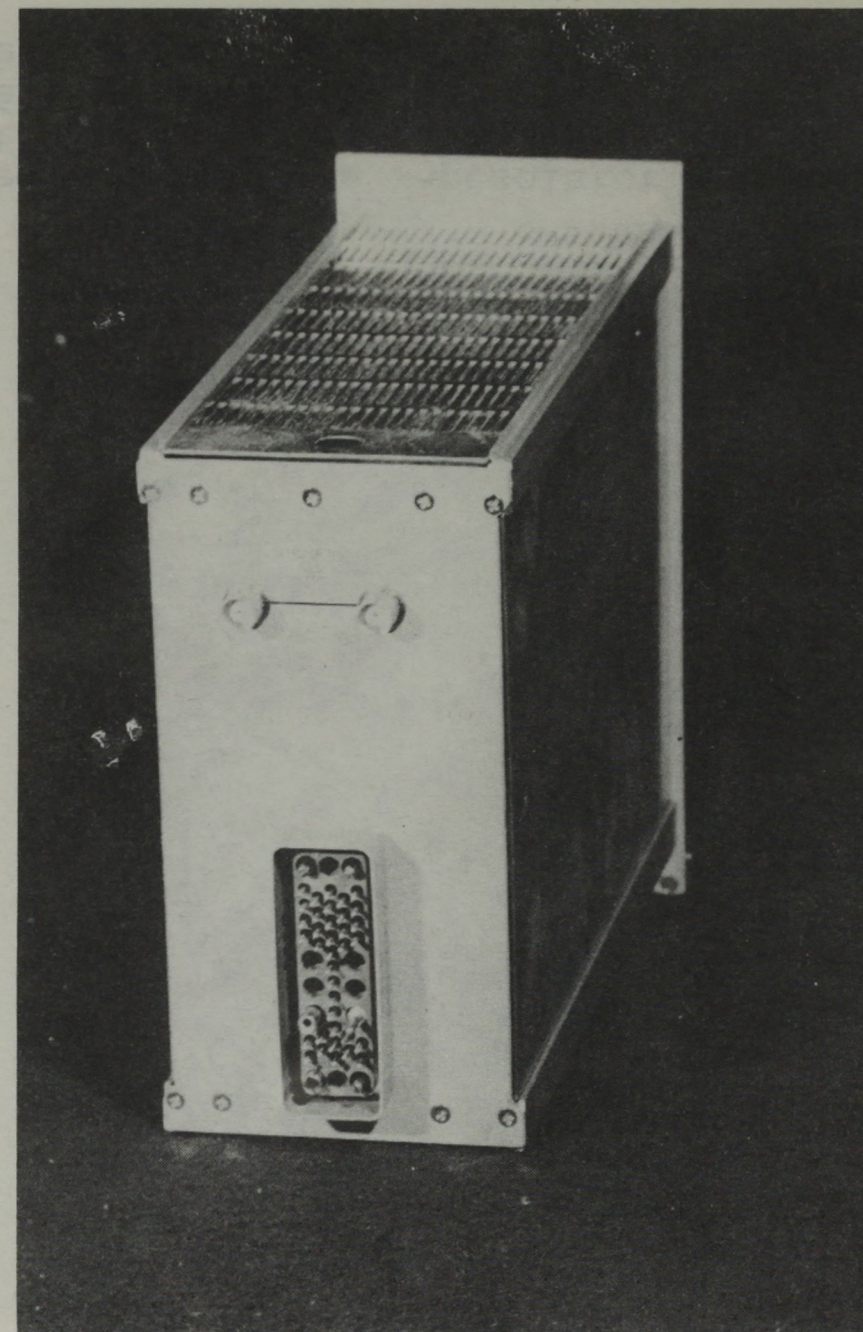
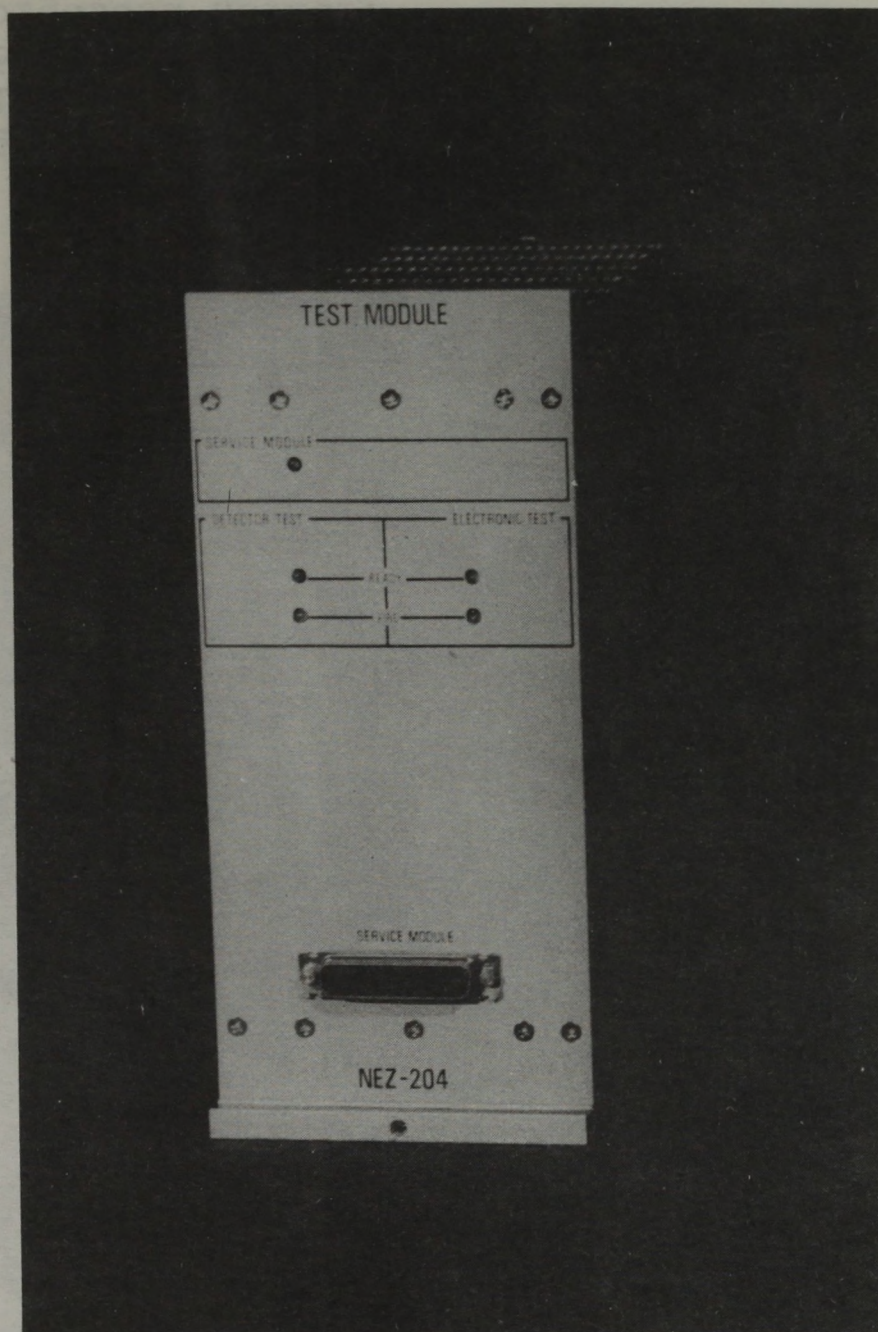
19. ábra

Az időmodul elől- és hátulnézetben. Max. négy érzékelő közötti megszólalási időkülönbségeket és az a.e. esemény bekövetkezésének relatív idejét méri. Lehetőség van un. térbeli diszkriminálásra is az időkülönbségekre megadott határértékek alapján.



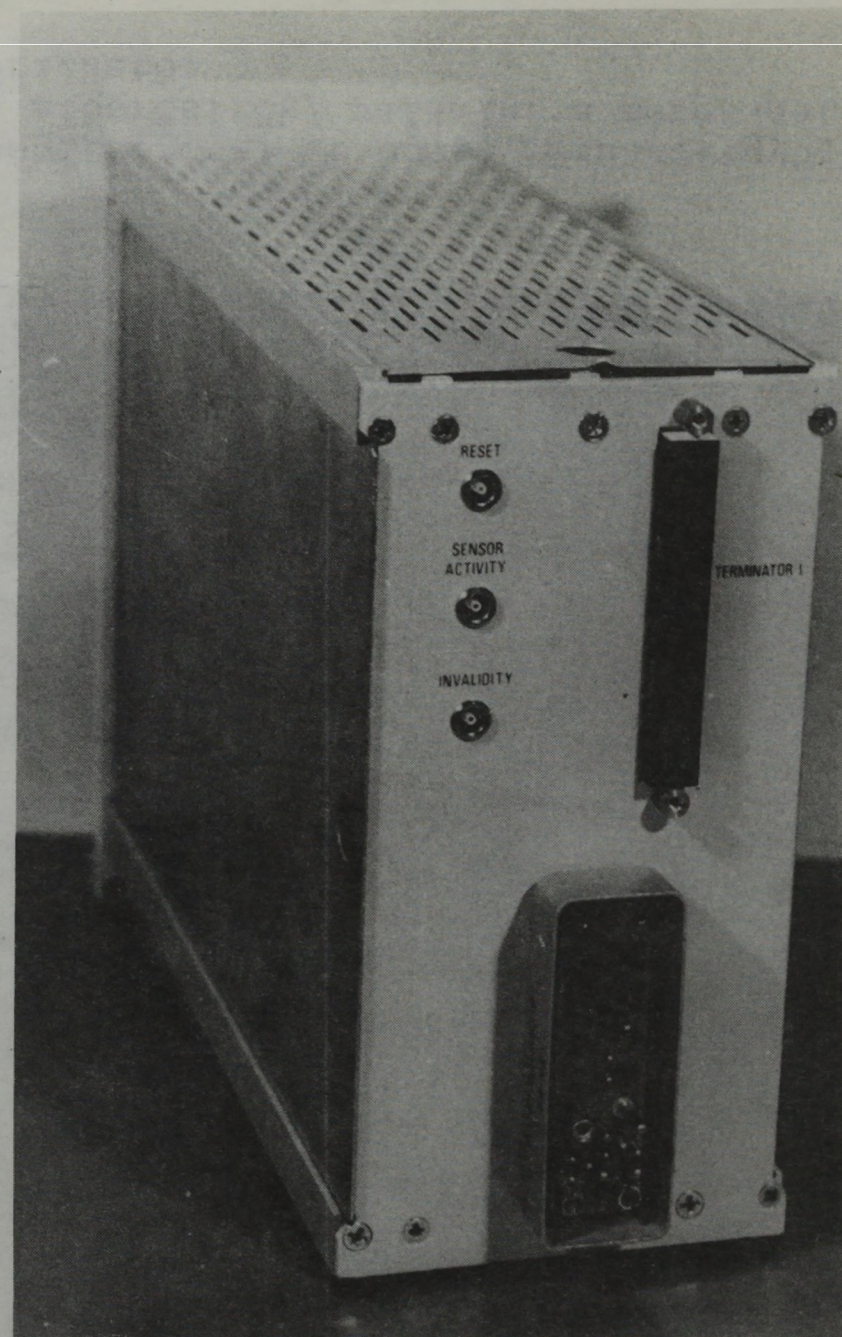
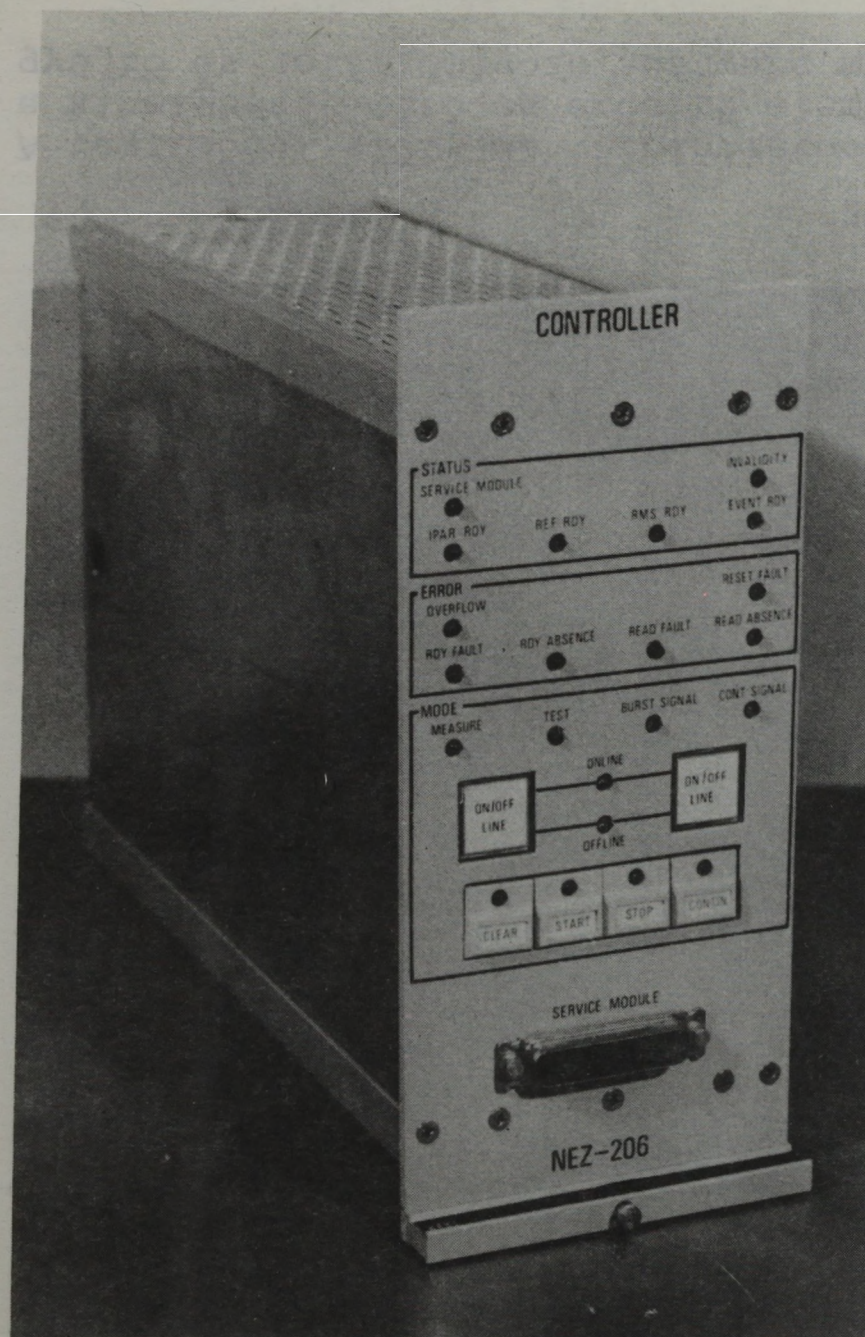
20. ábra

Az audio modul elől- és hátulnézetben. Az egység segítségével bármelyik a.e. érzékelő által szolgáltatott jelet az emberi fül számára hallhatóvá lehet tenni.



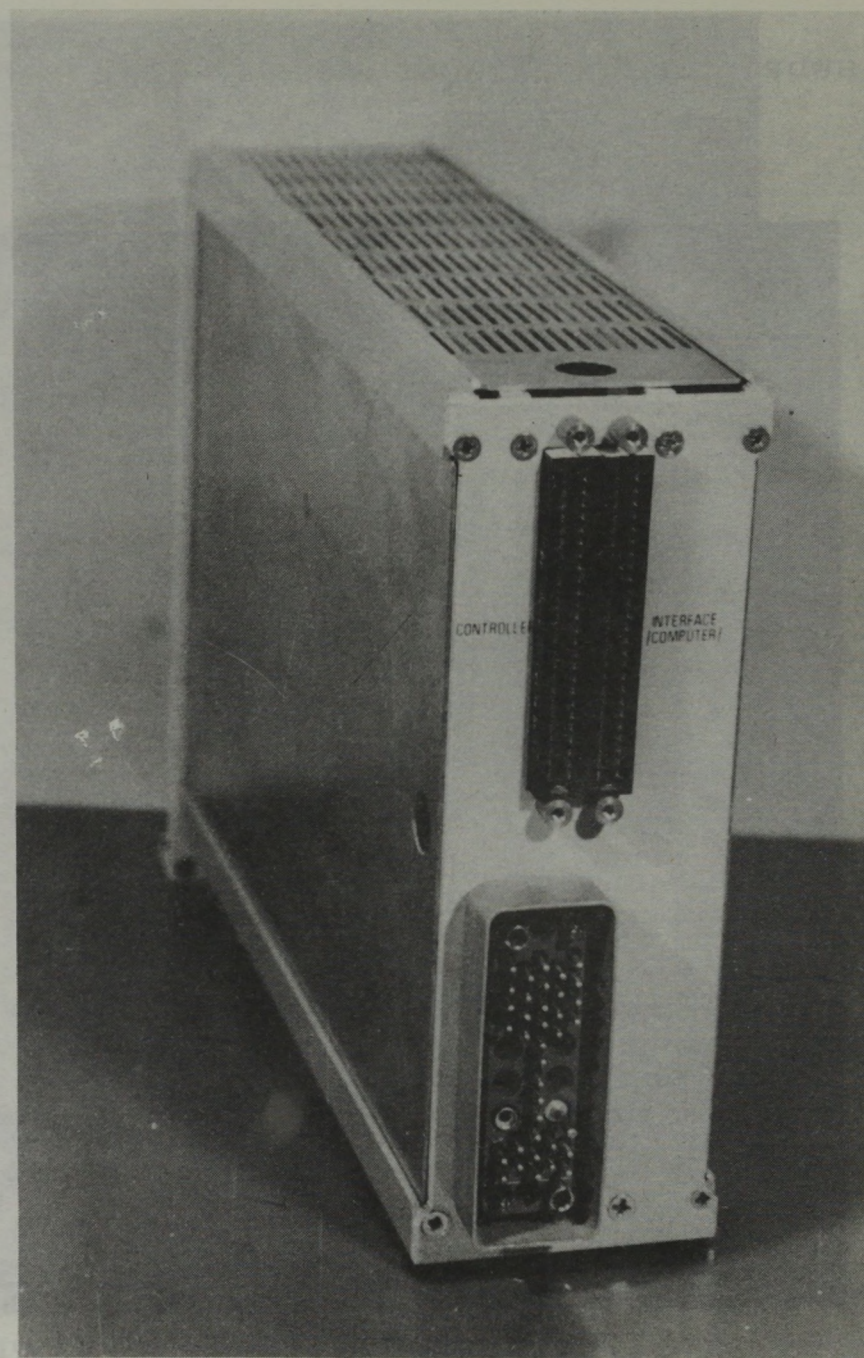
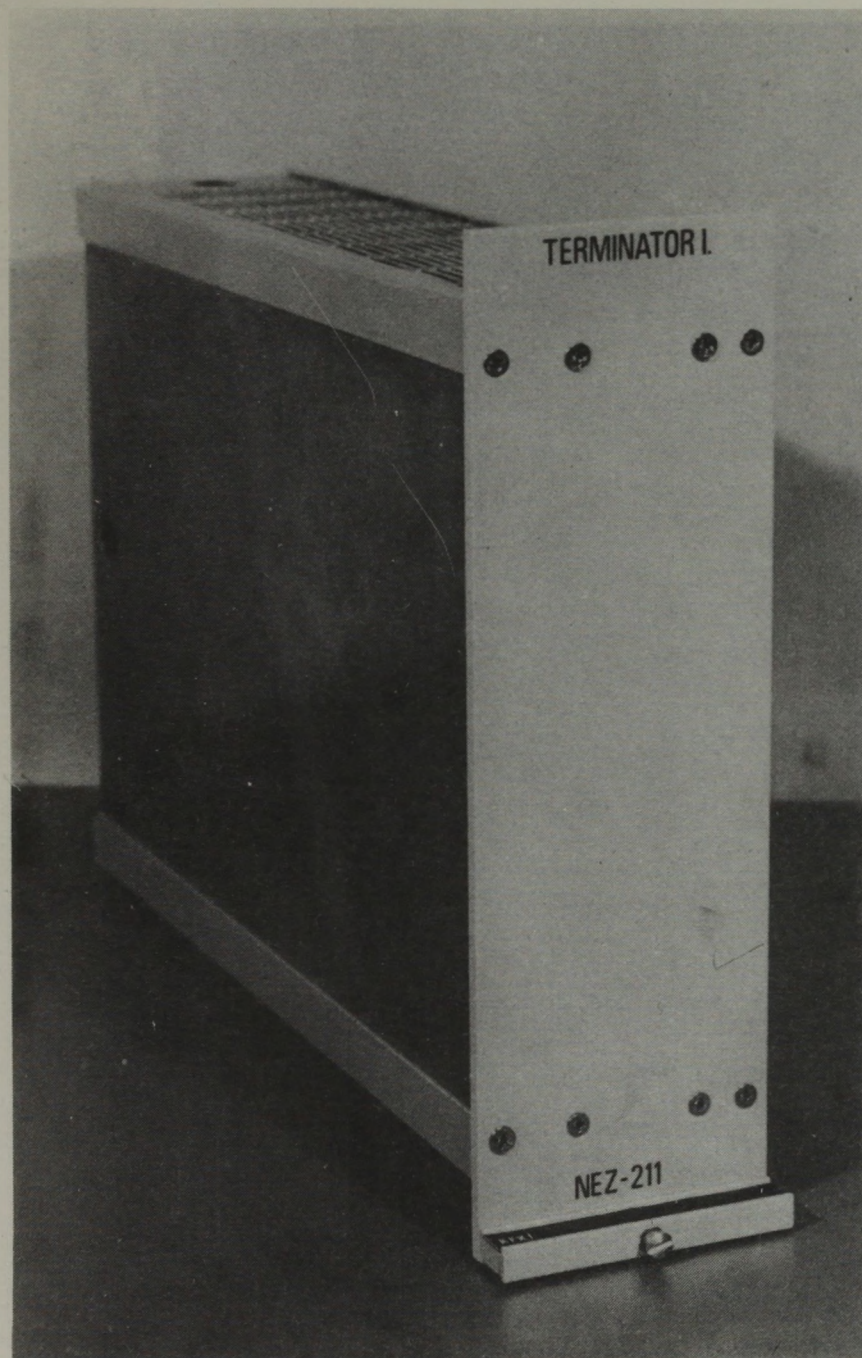
21. ábra

A tesztmodul elől- és hátulnézetben. Az egység segítségével az egész mérésadatgyűjtő, a kihelyezett mérő és erősítő elemek /érzékelők, előerősítők/ valamint a mérésadatgyűjtő és jelfeldolgozó software működése ellenőrizhető.



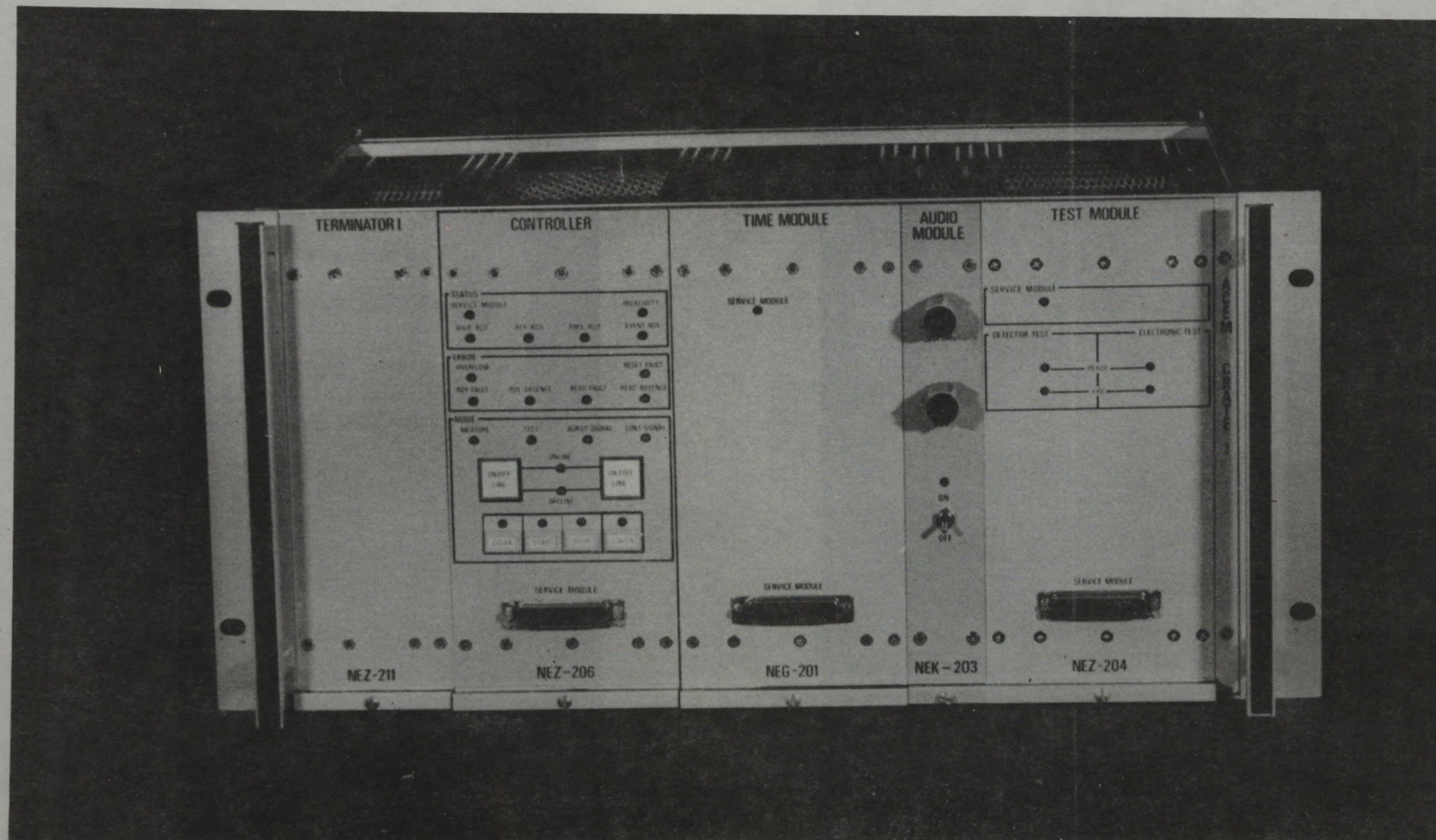
22. ábra

A vezérlő modul elől- és hátulnézetben. Ez az egység tartja a kapcsolatot a számítógéppel, az egyes modulok és a számítógép közötti kommunikáció rajta keresztül történik. Összegyűjti a megmért paramétereket, jelzést ad az esetleges hibákról. Segítségével számítógép nélkül is lehet méréseket végezni, a mérési adatok tárolása és feldolgozása nélkül.



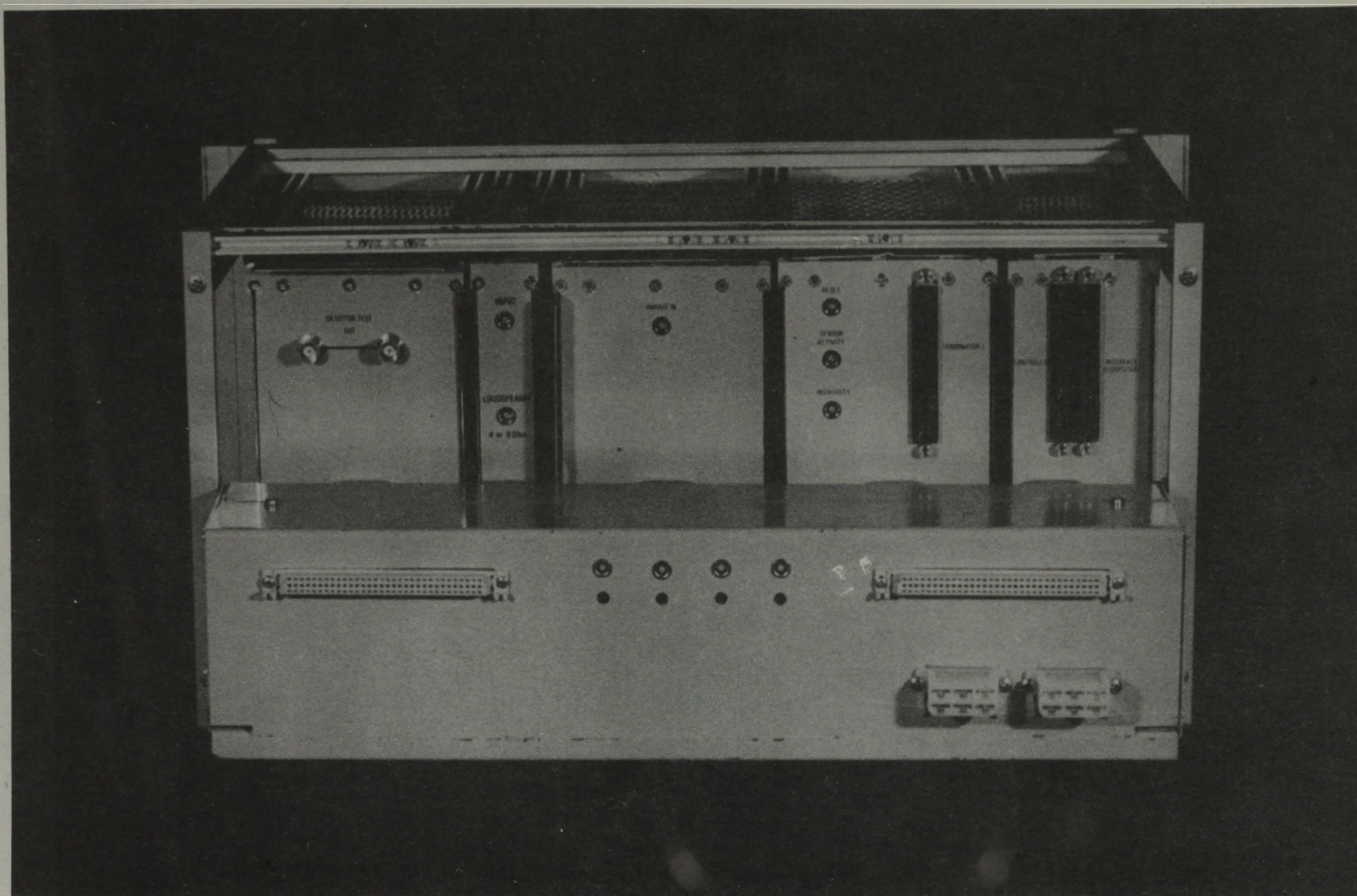
23. ábra

A lezáró modul elől- és hátulnézetben. Ez az egység táplálja a hosszú busz-kábelt a mérésadatgyűjtő és a számítógép között / 2,5 m/, és elektromosan lezárja a busz mérésadatgyűjtő felőli végét.



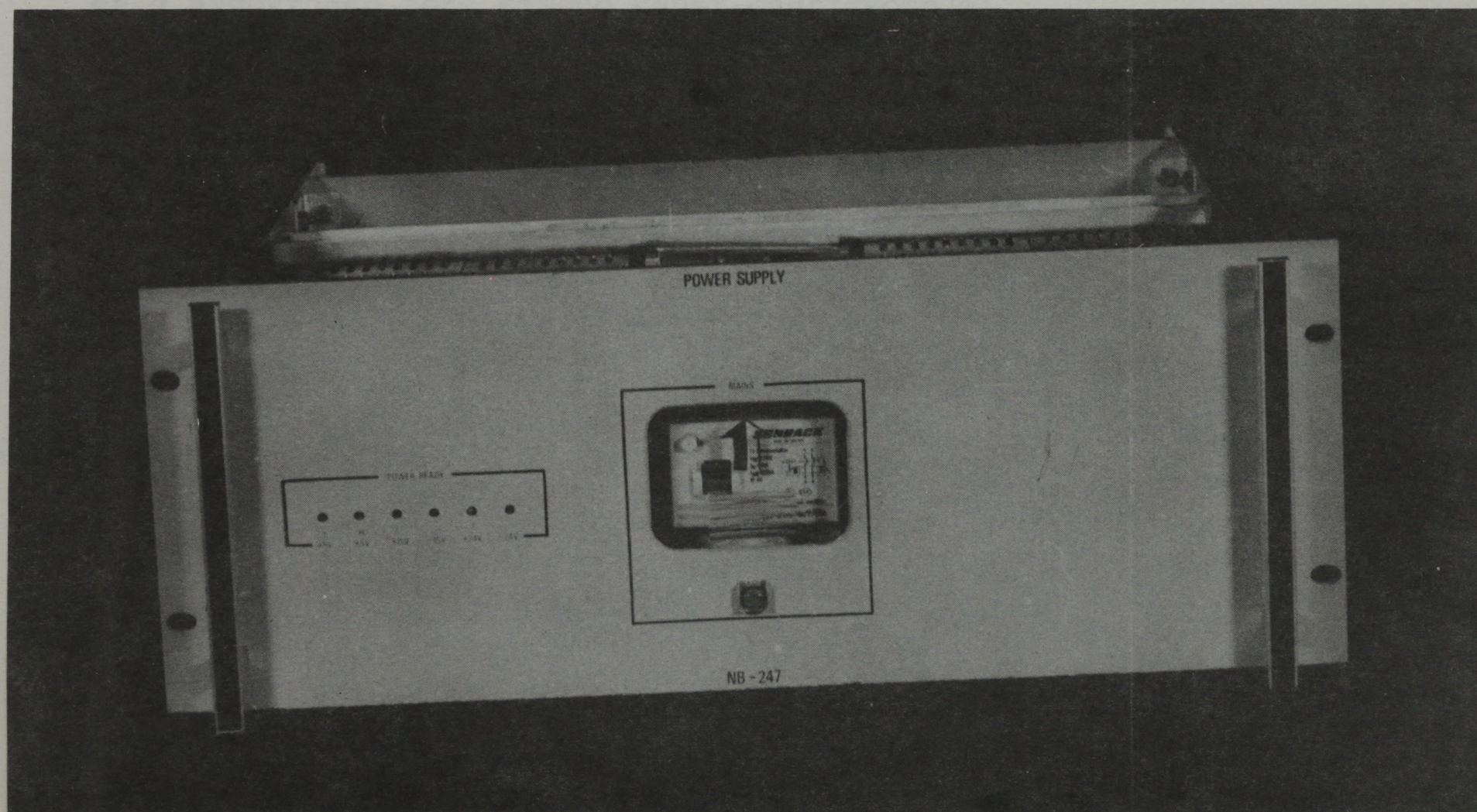
24. ábra

A teszt, audio, idő, vezérlő és lezáró modul egy 19" szélességű, 222 mm magas keretben foglal helyet.



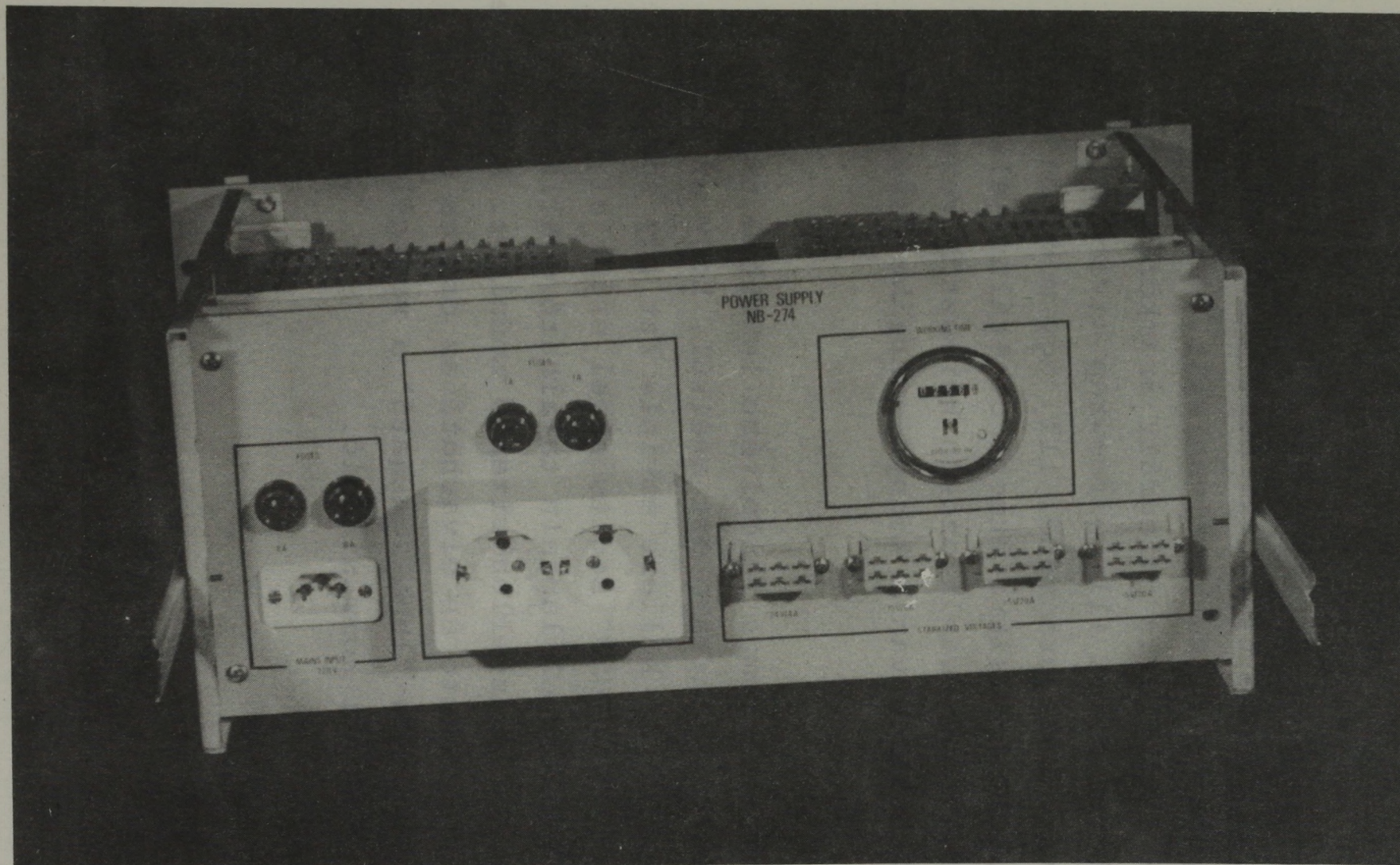
25. ábra

A teszt, audio, idő, vezérlő és lezáró modulokat tartalmazó keret hátulnézetben. Jól láthatók az egyes kereteket összefogó busz-csatlakozók, tápegység csatlakozók és a számítógép felé elmenő kábel csatlakozója.



26. ábra

A 32 csatornás mérésadatgyűjtő moduljait /17 db/ - amelyek négy 19"-os rack-ben /keret/ foglalnak helyet - a képen látható tápegység látja el stabilizált +5 V, +15 V, -15 V, +24 V, -24 V tápfeszültségekkel. A tápfeszültség kimenetek rövidzár-, túlfeszültségvédettek, maga a tápegység túlmelegedés-védett.



27. ábra

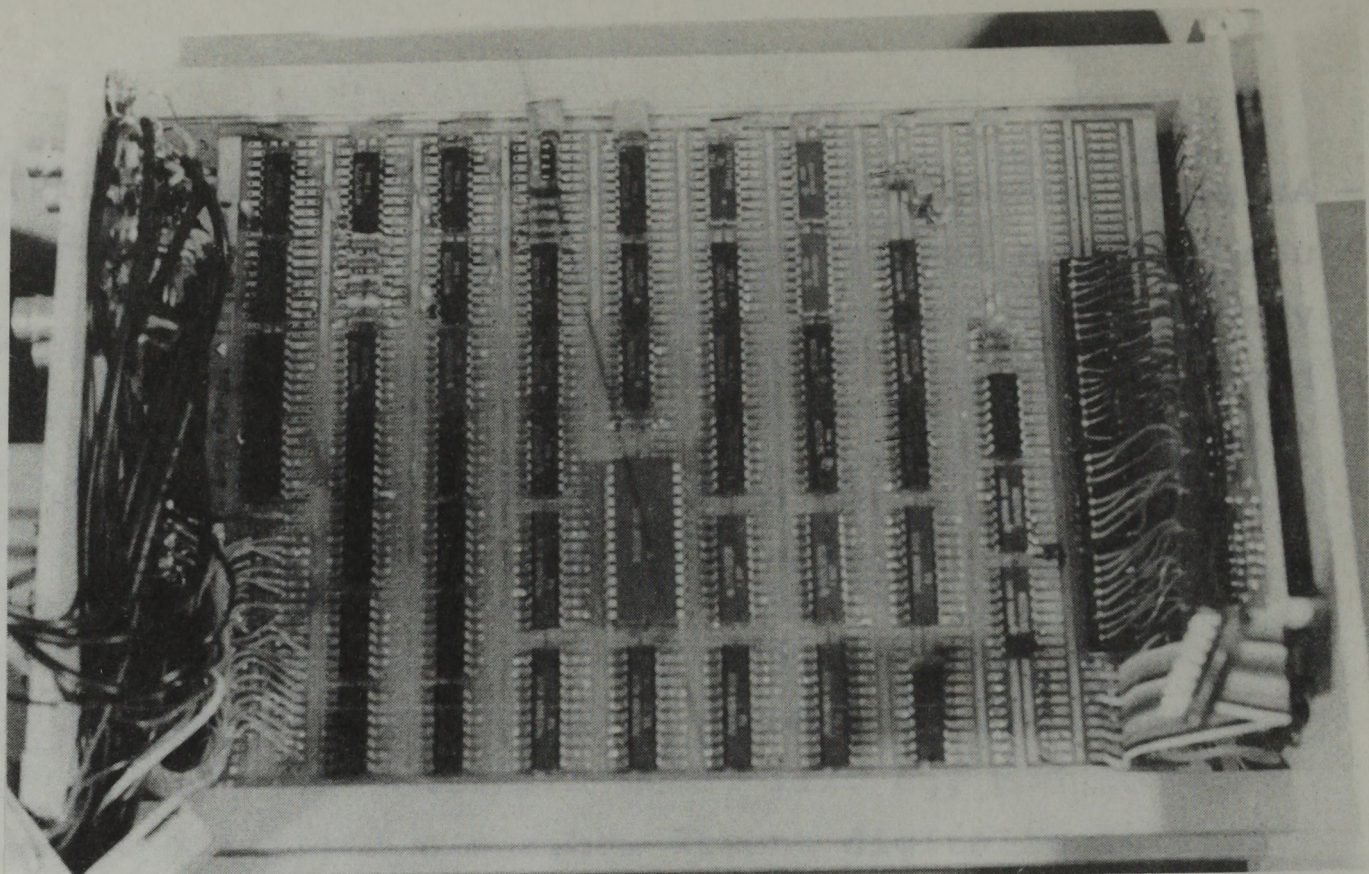
A tápegység hátulnézetben. Az időmérő óra számlálja a mérésadatgyűjtő bekapcsolt állapotban eltöltött óráinak számát. A biztosított kimenő hálózati feszültség a ventillátor egység tápellátását, illetve egyéb segédberendezések tápellátását biztosítja.

A 32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer néhány konstrukciós sajátossága:

- Az analóg, digitális áramköri elemek a modulokban függőlegesen szerelt 215x180 mm /hosszuság x magasság/ méretű kártyákon helyezkednek el. Az u.n. analóg kártyák kétoldalasan nyomtatottak, furatgalvanizáltak. A digitális kártyák azonos típusúak: u.n. univerzális, kétoldalasan nyomtatott, furatgalvanizált kártyákon helyezkednek el a digitális integrált áramkörök, az összeköttetés forrasztott ill. wire-wrap kivitelben történik. Az elő ill. hátlapra menő, ill. egy modulon belül egyik kártyáról a másikra átment digitális jelvezetékek a kártyákon levő csatlakozókon keresztül vezetődnek. Ezáltal biztosítva van a könnyű szerelhetőség, gyors javítás.
- Az egyes modulok elektromos felépítése lehetővé teszi a gyors, kényelmes hibabehatárolást anélkül, hogy az illető modult a helyéről ki kellene emelni. Ezt egy speciális, u.n. "SERVICE MODULE" segítségével érjük el, amely modul az egyes modulok előlapjain található csatlakozón keresztül kapcsolódik az ellenőrizendő modulhoz. A service modul segítségével írható és olvasható az összes modul megfelelő regisztere és "lehallgatható" a vizsgált modul és a számítógép közötti kommunikáció.

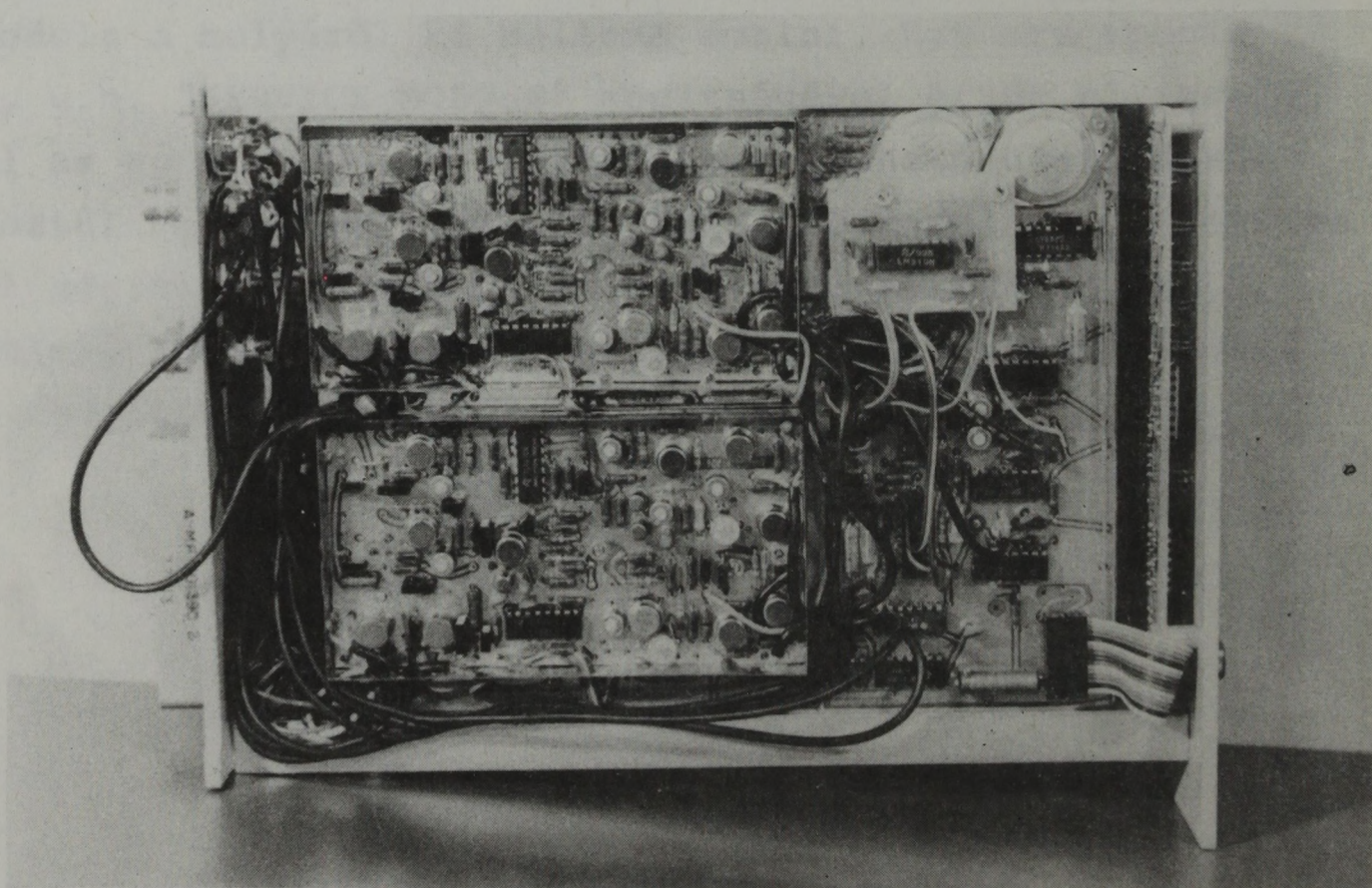
- Az egyes modulok közötti összeköttetés egy speciális, u.n. NIM-bus segítségével történik, amely adat, cím, vezérlő és állapotjelző jelekből áll, valamint a hand-shaking elven történő adatátvitelt ellenőrző jelekből.

A hand-shaking elven történő adatátvitel biztosítja a maximális sebességet és megbízhatóságot.



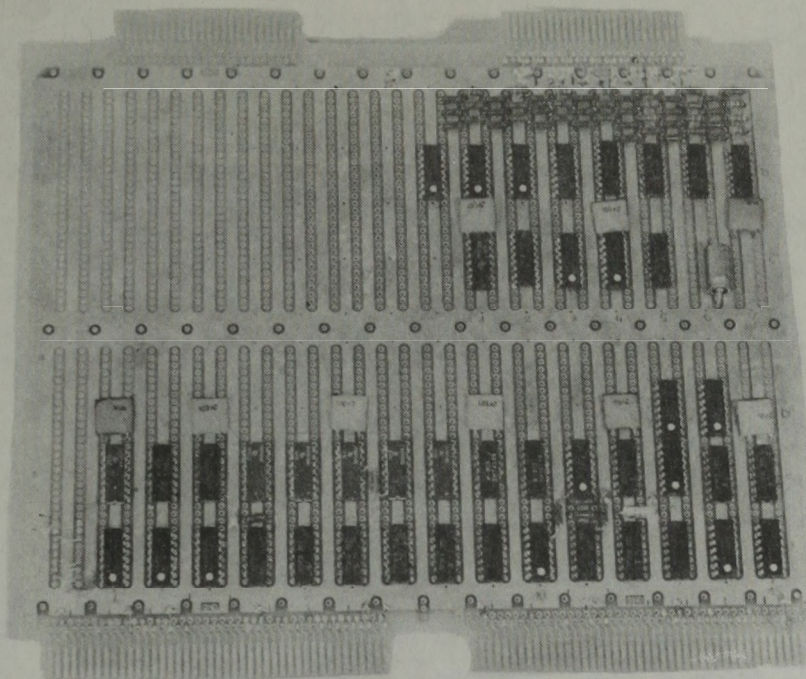
28. ábra

Egy tipikus digitális kártya. Az univerzális kártyán bármilyen méretű u.n. dual in-line kivitelű integrált áramkör elhelyezhető.



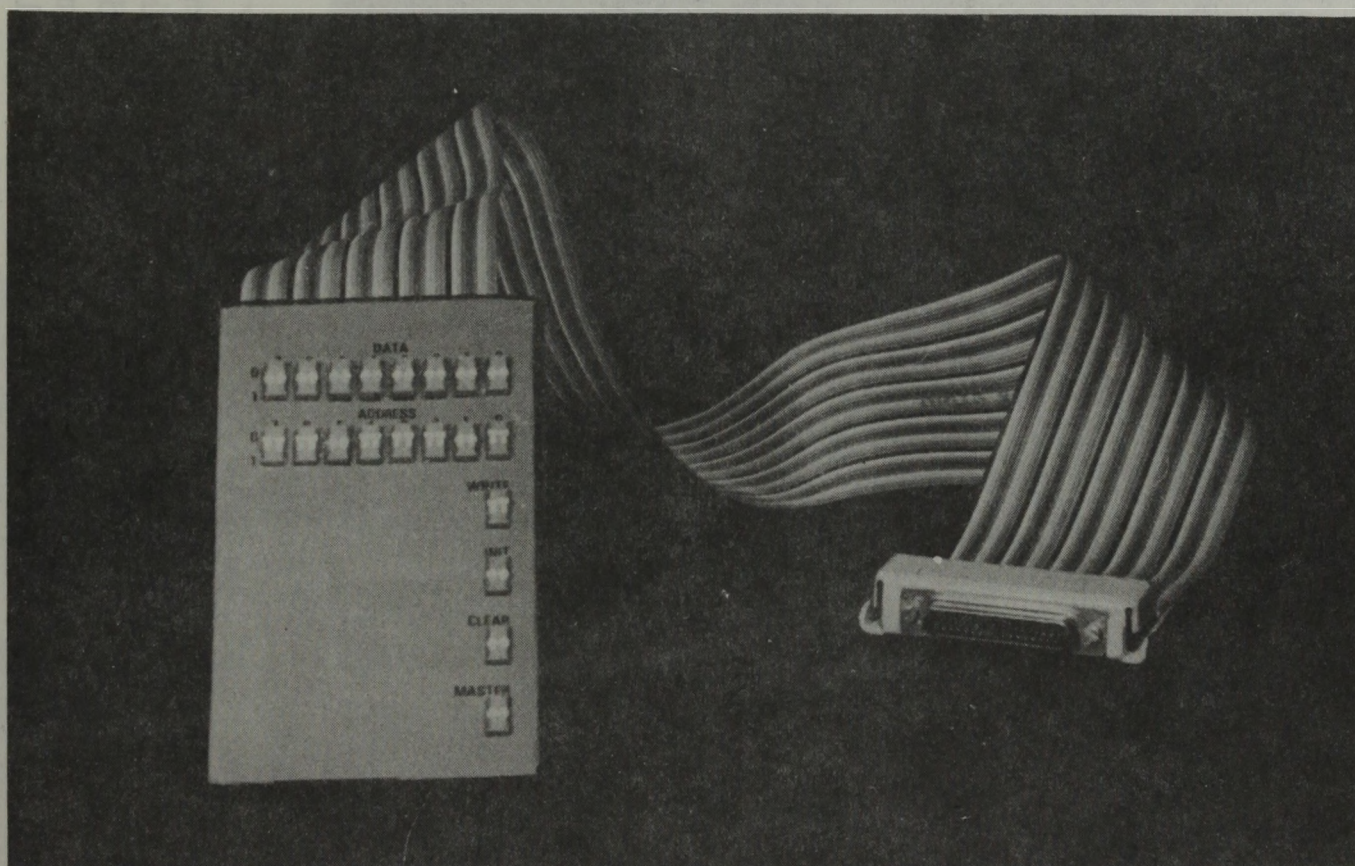
29. ábra

Egy tipikus analóg kártya. Az érzékenyebb részek külön árnyékoló dobozokban helyezkednek el.



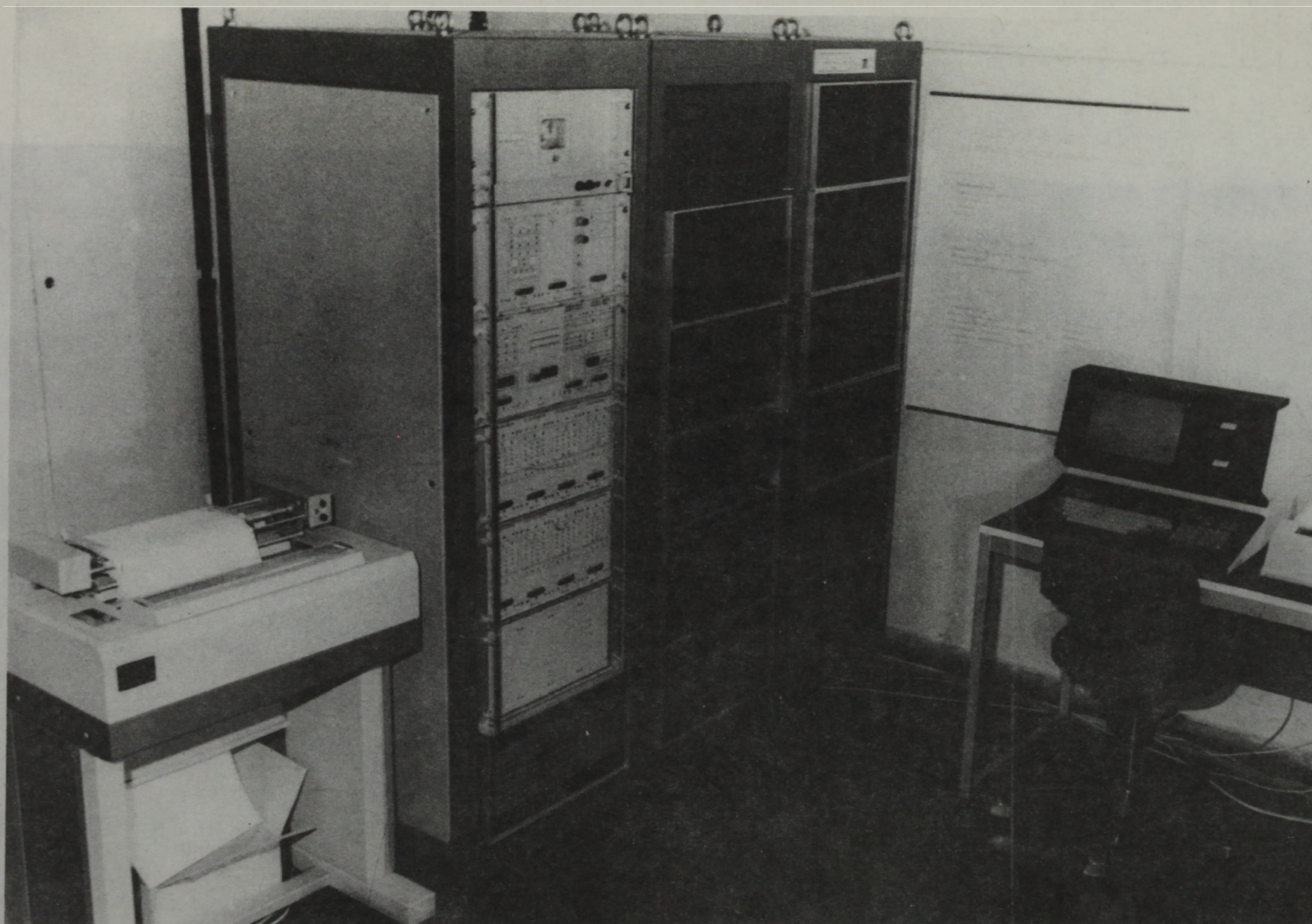
30. ábra

A TPA-1140 kissetítőgépben elhelyezett 2/3-os kártyára szerelt speciális interface, amely a kissetítőgép UNIBUS®-át köti össze az akusztikus emissziós mérőrendszer NIM-buszával



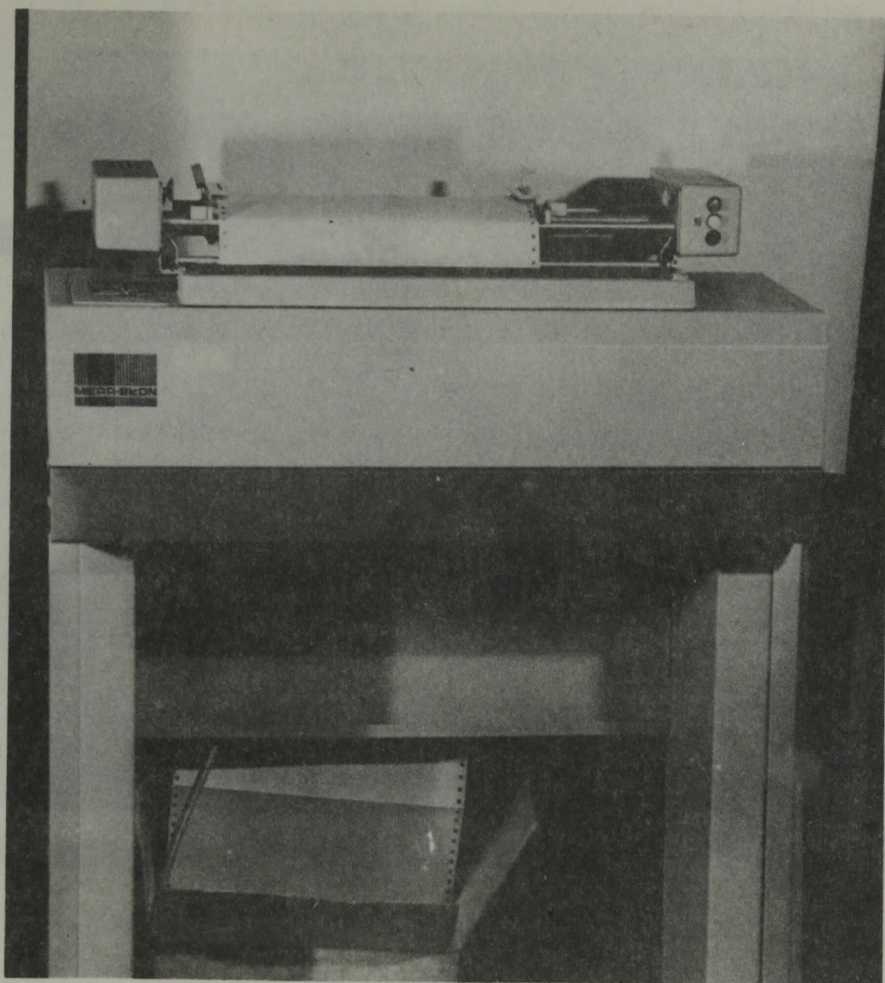
31. ábra

A "SERVICE MODULE" egyik kivitele, amely a modulok gyors ellenőrizhetőségét teszi lehetővé.



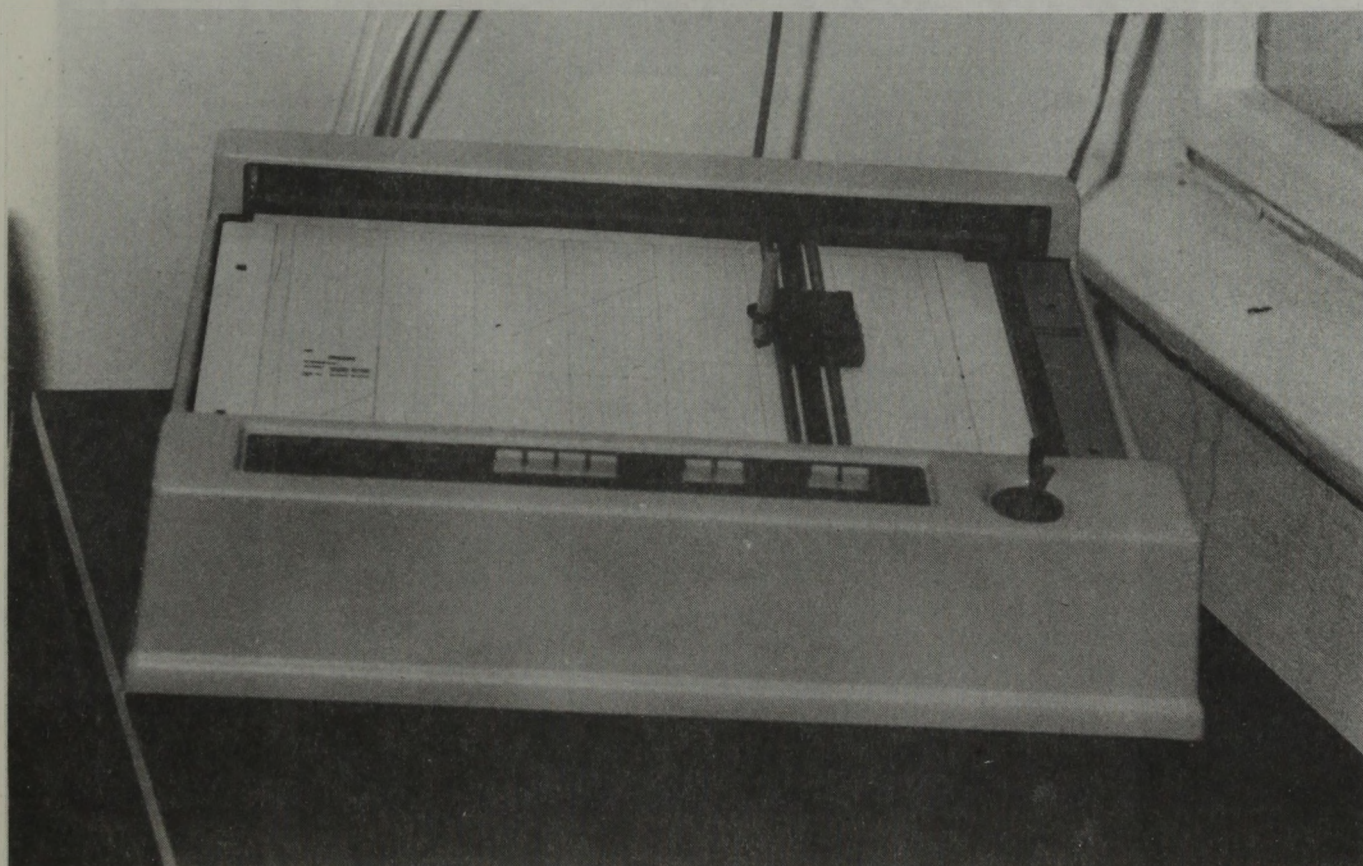
32. ábra

A 32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer egy 36 U /U=44,45 mm/ magas 19"-os rack-szekrényben helyezkedik el. 4 db 5 U-s mérőkeretből, 1 db 4 U-s tápegységből, és 1 db 1 U-s ventillátor fiókból áll. 11 U hely marad tartaléknak. A TPA-1140 kisszámitógép, két darab dualfloppy egység /a képen csak az egyik látható/ és az analóg magnetofon /a képen nem látható/ két darab 36 U-s szekrényben foglal helyet.



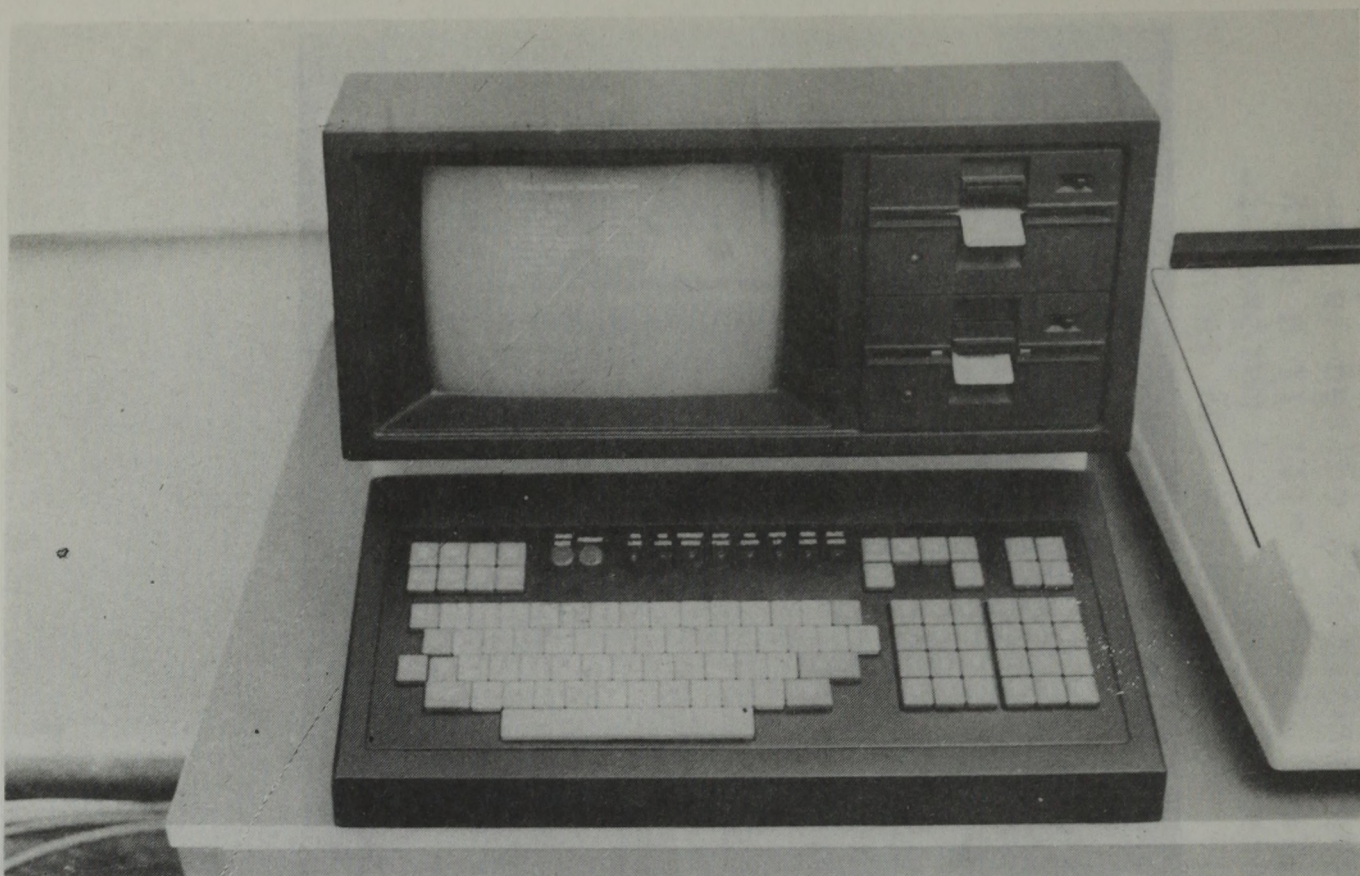
33. ábra

DZM-180 tip. mátrix nyomtató. Az alfanumerikus információk kinyomtatására szolgál /Feldolgozott mérési adatok/.



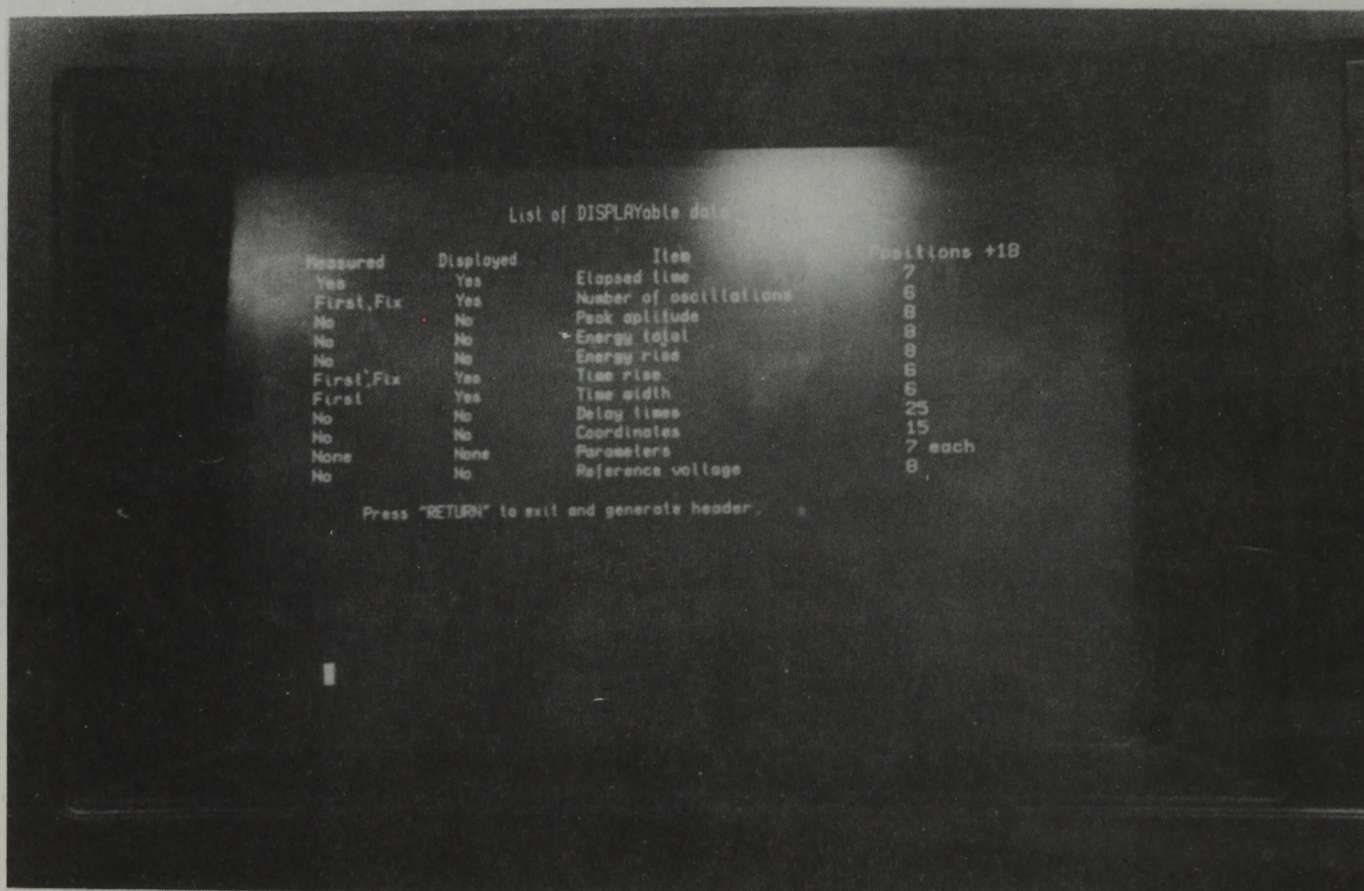
34. ábra

4662 digitális plotter. A grafikus információk kirajzolására szolgál /függvények, hisztogramok, térképek/.



35. ábra

VDT 52103 tip. alfanumerikus video displayterminálon keresztül történik a párbeszéd lebonyolítása a felhasználó és a számítógép ill. a mérésadatgyűjtő között.



36. ábra

Az alfanumerikus display-terminál képernyőjén a mérést előkészítő program egy része látható. A program "étlapot" kínál a felhasználónak, amelyből válogatva lehet összeállítani a mindenkori feladatnak legmegfelelőbb programot.

TARTALOMJEGYZÉK

Oldal

1. BEVEZETÉS	57
2. AZ AKUSZTIKUS EMISSZIÓS /A2/ MÉRÉSTECHNIKA ALAPFOGLALMAI	57
3. A 32 CSATORNÁS AZ MÉRŐ ÉS JELFELDOLGOZÓ RENDSZER FŐBB MŰSZAKI ADATAI	58
4. HARDWARE KONFIGURÁCIÓ	59
4.1. A 32 csatornás az mérőrendszer	59
4.1.1. Az detektorok	60
4.1.2. Hangjel	60
4.1.3. Hang	60
4.1.4. I/O modul	61
4.1.5. Amplifikátor modul	62
4.1.6. Csatlakozó modul	63
4.1.7. Környezeti paraméter modul	63
4.1.8. Vezérlő modul	64
4.1.9. Ellenőrző modul	64
4.1.10. Hangjelző modul	65
4.1.11. Kézi programozó modul	65
4.1.12. Tápegység modul	66
4.2. TPA-1140 számítógép	66
4.3. Számítógép perifériák	67
4.4. Sokcsatornás analóg magnetofon	67
5. A TPA-1140 SZÁMÍTÓGÉP ÉS A 32 CSATORNÁS AZ MÉRŐRENDSZER KAPCSOLATA	67
6. SOFTWARE STRUKTÚRA	67
6.1. Mérés elvégzés program	68
6.2. Mérésadatgyűjtő program	68
6.2.1. "Transzmisszió" típusú A2 jel mért paraméterei	69
6.2.2. "Reflexió" típusú A2 jel mért paraméterei	69
6.2.3. Számítottakénti mérési lehetőségek	70
6.2.4. Mérésleírás lehetőségei	70
6.3. Adatfeldolgozó program, mérési eredmények megjelenítése	70

2.sz. MELLÉKLET

32 CSATORNÁS AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MÉRŐ- ÉS JELFELDOLGOZÓ RENDSZER

TARTALOMJEGYZÉK

	Oldal
1. BEVEZETÉS	57
2. AZ AKUSZTIKUS EMISSZIÓS /AE/ MÉRÉSTECHNIKA ALAPFOGALMAI	57
3. A 32 CSATORNÁS AE MÉRŐ ÉS JELFELDOLGOZÓ RENDSZER FŐBB MŰSZAKI ADATAI	58
4. HARDWARE KONFIGURÁCIÓ	59
4.1. A 32 csatornás AE mérőberendezés	59
4.1.1. AE detektorok	60
4.1.2. Előerősítők	60
4.1.3. Négycsatornás főerősítő modul	60
4.1.4. Idő modul	61
4.1.5. Amplitudó modul	62
4.1.6. Oszcilláció modul	63
4.1.7. Környezeti paraméter modul	63
4.1.8. Vezérlő modul	64
4.1.9. Ellenőrző modul	64
4.1.10. Hangjelző modul	65
4.1.11. Kézi programozó modul	65
4.1.12. Tápegység modul	66
4.2. TPA-1140 számítógép	66
4.3. Számítógép perifériák	67
4.4. Sokcsatornás analóg magnetofon	67
5. A TPA-1140 SZÁMITÓGÉP ÉS A 32 CSATORNÁS AE MÉRŐBERENDE- ZÉS KAPCSOLATA	67
6. SOFTWARE STRUKTURA	67
6.1. Mérést előkészítő program	68
6.2. Mérésadatgyűjtő program	68
6.2.1. "Tranziens" típusu AE jel mért paraméterei.	69
6.2.2. "Folyamatos" típusu AE jel mért paraméterei	69
6.2.3. Érvénytelen mérés lehetséges okai	70
6.2.4. Hibajelzés lehetséges okai	70
6.3. Adatfeldolgozó program, mérési eredmények megjelenítése	70

	Oldal
6.3.1. Lokalizálás	71
6.3.2. Határérték figyelés software uton	72
6.3.3. Függvények ábrázolása	72
6.3.4. Mérési eredmények listázása	73
6.3.5. Lokalizálási térkép	73
6.4. Ellenőrző program	73
6.5. A programutasítások leírását tartalmazó program ..	73
6.6. Programozási nyelv megválasztása	73
1.sz. melléklet:	
A mérést előkészítő programmal beállitható állapotok, értékek	74
2.sz. melléklet:	
A mérésadatgyűjtő program folyamatábrája ...	76
3.sz. melléklet:	
Lokalizálási számítások	81
Ábrák	84

1. BEVEZETÉS

A KFKI-ban 1976 óta folynak kutatások az akusztikus emissziós /továbbiakban AE/ mérés technika műszerezésére és anyagvizsgálati alkalmazására. Ezeknek a kutatásoknak elsődleges célja atomerőművek nagy igénybevételű mechanikai elemeinek vizsgálata, e technika azonban ezen túlmenően különböző ipari felhasználásokra is alkalmas.

Feladatunk egy 32 csatornás akusztikus emissziós mérő- és jelfeldolgozó rendszer létrehozása, mellyel tudományos igényű anyagvizsgálatok végezhetőek nagyméretű objektumokon.

2. AZ AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MÉRÉSTECHNIKA ALAPFOGALMAI

Az akusztikus emissziós vizsgálatokban a mért jelenségek a mechanikai feszültség alatt álló anyagokban keletkező akusztikus nyomáshullámok. Ezeknek a hangfelszabadulással járó hirtelen energiafelszabadulásoknak a kiváltó oka számos anyagszerkezeti változás lehet: pl. mechanikai igénybevétel hatására létrejövő kristálydeformáció, repedésterjedés, képlékeny alakváltozás; fázisátalakulás; mágneses átrendeződés; korróziós folyamat, stb. Az így keletkezett mechanikus rezgéshullámok a vizsgált szerkezet felületén elhelyezett piezoelektromos detektorokkal érzékelhetők. Ezek a hangkitörések véletlenszerű, tranziens jelek, nem stacioner, nem ergodikus jellegűek. Az egyes hullámcsomagok időbeli lefutása, energiája azonban szoros összefüggésben áll a vizsgált anyaggal, az abban lejátszódó mikroszerkezeti változásokkal, így elemzésük anyagvizsgálatra ad lehetőséget.

Az AE jelek detektálható frekvenciatartománya fémekben 100 kHz-1 MHz, üvegszálás műanyagokban 50 kHz-400 kHz, betonban 10 kHz-100 kHz. közetben 500 Hz-10 kHz tartományon belül helyezkedik el.

Tipikus AE jel időbeli lefutását és mért jellemzőit mutatja be a 2. ábra. Az anyagban hirtelen végbemenő mikrodeformáció által keltett hanghullámot AE eseménynek nevezzük, melyre meredek felfutás és lassu lecsengés jellemző /tranziens AE jel/. Egy-egy esemény hossza széles határok között, 10 μ s-100 ms tartományban mozog. Amplitudóban is nagy dinamikát kell átfogni az AE jelek vizsgálatakor: az AE detektorok kimeneti feszültsége 1 μ V-100 mV tartományban változik. A hangkitörések analóg jellemzőinek mérésével /oszcillációs szám, csúcsamplitudó ill. eseményhossz, eseményterület/ az egyes hanghullámok nagyságára, energiájára tudunk következtetni, időbeli nyomonkövetésükkel pedig a vizsgált szerkezetben lejátszódó folyamatokat lehet vizsgálni, az anyaghibák típusát és növekedésük mértékét lehet megállapítani.

Fontos szolgáltatása az AE anyagvizsgálati berendezésnek a hibahely lokalizáció, mellyel a hangforrás koordinátái meghatározhatók. Sik felületen ehhez 4 detektor használata szükséges.

Folyamatos hangemittálás esetében /pl. csővezeték szivárgása/ az AE események összemosódnak, ekkor a vizsgált jel effektív értéke szolgál hasznos információval /folyamatos AE jel/.

3. A 32 CSATORNÁS AE MÉRŐ ÉS JELFELDOLGOZÓ RENDSZER FŐBB MŰSZAKI ADATAI

A rendszer teljes kiépítésében 32 AE detektorral végez méréseket.

Méri az AE hangkitörések jellemző paramétereit /"tranziens" AE mérés/, a folyamatos AE jel paramétereit állitható mintavételezési idővel /"folyamatos" AE mérés/, és az AE mérésre jellemző környezeti paraméterek értékét /pl. erő, hőmérséklet/.

A rendszer képes változó háttérzaj mellett is felismerni az AE hangkitöréseket.

A mérési eredményeket számítógép gyűjti és tárolja. Másodpercenként néhányszor száz mérés és adatgyűjtés lehetséges. Mérés közben a számítógép gyors számítást végez, mellyel meghatározza az AE hangkitörés keletkezésének helyét. A mérő egységek kiszűrik azokat a mérési eredményeket, melyeknek paraméterei nem felelnek meg előre beállított kritériumoknak.

Hibafigyelő áramkör van a berendezésben, mely lényeges hardware szekvenciákat követ nyomon és hiba esetén jelzést ad. Méréssorozat után a számítógép a tárolt mérési eredményeket feldolgozza, számjegyesen vagy grafikusan megjeleníti a felhasználó számára, melyből következtetni lehet a mérési objektum anyagszerkezeti változásaira. A berendezés önellenőrzést is végez. A rendszer - nagy méretére való tekintettel - egy IKARUS 260 típusu autóbuszba kerül beépítésre, így rázásállósági követelményeknek is meg kell feleljen.

4. HARDWARE KONFIGURÁCIÓ

Részei: - 32 csatornás AE mérőberendezés
- TPA 1140 számítógép
- számítógép perifériák
- sokcsatornás analóg magnó.

Az összeállítás az 1. ábrán látható.

4.1. A 32 csatornás AE mérőberendezés

A berendezés 32 AE detektor jelét dolgozza fel és a mérési eredményeket TPA-1140 számítógép felé továbbítja. Mechanikai kialakítása a nemzetközileg szabványos NIM nukleáris műszer modulrendszer szerint történt. Az egyes modulokat analóg és

digitális vonalakból álló sinrendszer /NIM busz/ köti össze. A NIM busz cím és adat vonalai egyaránt 8 bitesek. Az adatforgalmat illesztő egység biztosítja a NIM busz és a számítógép U /UNIBUS/ busza között. A 32 csatornás AE mérőberendezés moduljai 6 rack fiókot töltenek ki egy szekrényben. A szekrény magassága 1855 mm, szélessége 590 mm, mélysége 800 mm.

A 32 csatornás AE mérőberendezés részei:

4.1.1. AE detektorok / 32 db /

Az AE detektorok piezoelektromos jelátalakítók. Az egyes típusok különböző rezonanciasávban működnek. Érzékenységük nyomásra ill sebességre van hitelesítve. Pl. a D 9201 detektorra 10^{-4} V/ μ bar érték jellemző. A 32 csatornás AE mérőberendezés a detektorok felé 20 k Ω bemenő impedanciát biztosít.

Szimmetrikus és aszimmetrikus kimeneti jelű detektorok is összeköthetők az erősítőkkel. Az összekötő kábel két-pólusu, vizhatlan BNC csatlakozóval. Hosszuságát a detektorok típusa korlátozza /kb. 1/2 m - 2 m/.

4.1.2. Előerősítők /32 db/

Az előerősítők csepegő vízmentes kivitelben készültek. Erősítésük 40 dB. Cserélhető szűrőjükkel választható ki a vizsgálati frekvenciatartomány 50 kHz-2 MHz, 50 kHz-300 kHz, 100 kHz-300 kHz, 400 kHz-600 kHz és 100 kHz-2 MHz sávokban. Az előerősítők bemenetre vonatkoztatott zajszintjének effektív értéke teljes sávszélességnél maximum 3 μ V. Az előerősítőket egy-egy 50-100 m-es koaxiális kábel köti össze a főerősítőkkel. A jel- és tápfeszültséget közös vezeték viszi.

4.1.3. Négycsatornás főerősítő modul /8 db/

Logaritmikus erősítésük lehetővé teszi a nagy dinamikájú AE jelek méréshatárváltás nélküli kényelmes mérését. A

főerősítő 80 dB dinamikájú, sávszélessége 50 kHz-
-1 MHz.

Különösen magas és változó háttérzaj mellett nehézséget jelent az AE hangkitörések felismerése, detektálása /pl. turbulens áramlás mellett/. A hasznos jelek kiszűrésének egyik hatásos eszköze a lebegő referencia feszültség használata. Ennek előállítása a főerősítő feladata a háttérzaj feszültség szintjére ültetett fix, programozható küszöbfeszültséggel. Ha mérés közben változik a háttérzaj, akkor az észlelési küszöb is ennek megfelelően fog változni. A főerősítő állandó észlelési küszöbfeszültségre is állítható.

A főerősítők csatornái közül programozással kijelölhető egy csatorna /"programozott csatorna"/, melynek felerősített jele folyamatosan eljut a mérő modulokhoz a NIM buszon keresztül. Egy másik analóg NIM busz vonalra annak a csatornának a felerősített jele kerül kiadásra, amely egy AE hangkitörés mérésekor elsőként érzékelt az AE eseményt /"első csatorna"/. Az "első" csatorna jelének kiadásakor egy mérést indító parancsot is küld a főerősítő a NIM buszra. Az "első" csatorna sorszám kódját a főerősítő modul regisztrálja, amit a számítógép kiolvas az AE esemény mérésének befejeztével.

A főerősítő modulok bármelyik csatornája programozással beállítható "master" vagy "slave" állapotba. Ez a beállítás az AE hangforrások térbeli diszkriminációjára szolgál. Amennyiben egy AE eseményt "slave" állapotban lévő csatorna érzékeli elsőként, a hozzá tartozó mérést érvénytelennek tekintjük. Ezzel kizárjuk a mérésből a "slave" detektorok környezetében keletkező eseményeket.

4.1.4. Idő modul

Az idő modul a tranziens hangkitörések relatív bekövetkezési idejét méri a mérés indításától számítva. Felbontása 1, 10, 100 ms vagy 1 s, maximális értéke 65 s, 11 perc

1,8 óra ill. 18 óra. E modul végzi a lokalizáláshoz szükséges négy időmérést is. Ez a mérés azon a detektor-elrendezésen /4 detektor/ történik, amelyik észlelt AE hangkitörést. Az első detektor, amelyik észlelte ezt a jelet, indítja az időméréseket, melyek akkor érnek véget, amikor a 2., 3., 4., detektorhoz is elértek a hanghullámok. Ennek az időmérésnek a felbontása 0,1 vagy 1 μ s. Számábrázolási tartomány: 0,1...,65535. A kapott eredményekre hihetőségvizsgálatot is végez az idő modul. Pl. megnézi, hogy az adott detektorelrendezés és AE terjedési sebesség mellett lehetségesek-e a mért időértékek, a detektorok megszólalási sorrendje, stb.

További szolgáltatása az idő modulnak az idő koincidencia figyelés, mely az AE hangforrások térbeli diszkriminációjára ad lehetőséget. Az AE jeleknek a detektorok közötti futási idejéből következtetni tudunk a hangforrás térbeli tartományára. Ha ezek az időértékek programozhatóan állítható küszöb alá vagy fölé esnek, akkor a hozzájuk tartozó AE mérések érvénytelennek tekinthetők.

4.1.5. Az amplitudó modul a tranziens típusu AE jelek alábbi paramétereit méri:

1./ Csúcsamplitudó

Mérési tartomány: 10, ..., 127 dB

/ami megfelel 5 μ V - 50 mV-nak az AE detektor kimenetén/.

Felbontás: 1/2 dB.

2./ Az AE jel felfutási idejéhez és teljes hosszúságához tartozó energia.

Mérési tartomány: $A \cdot 10^{B-1}$ dB·ms,

$A=0, \dots, 7$; $B=0, \dots, 7$.

A csúcsamplitudó és az energiák mérését az AE eseményt elsőként érzékelő detektor jelén és a "programozott" detektor jelén is elvégzi az amplitudó modul. Az elsőként megszólaló detektor csúcsamplitudó mérésére alsó és felső küszöbszintet lehet programozással beállítani.

A modul csak akkor tekint érvényesnek egy "tranzienst" mérést, ha az "első" detektoron mért csúcsamplitudó értéke az alsó és felső határ közé esik.

A folyamatos típusu AE jelek figyelésekor programozással kijelölt csatornán az alábbi paramétereket méri a modul:

- 1./ A referenciafeszültséget
- 2./ Az AE jel effektív feszültségét
- 3./ Az AE jel AC váltakozó részének effektív feszültségét

Mérési tartományuk: 10...127 dB

Felbontásuk: 1/2 dB

A referencia- és effektív feszültségek mérésére külön mintavételezési idő adható 0...255 s tartományban 1 s felbontással.

4.1.6. Oszcilláció modul

Ehhez a modulhoz a következő paraméterek mérése tartozik:

egy AE hangkitörés oszcillációinak száma $A \cdot 10^B$, A:1,2...9

B:0,1...7/, felfutási ideje és időtartama $A \cdot 10^B \mu s$, A:1,2...9

B:0,1...7/. A modul mindhárom paraméter mérését elvégzi az "első" és a "programozott" csatorna jelén is. Az "első" csatornához mindhárom paraméterre programozhatóan beállítható alsó és felső küszöbérték. Egy AE eseményhez tartozó mérést csak akkor tekint érvényesnek a modul, ha a mérési eredmények ezek közé esnek.

4.1.7. Környezeti paraméter modul

Ez a modul az AE mérést kísérő környezeti paraméterek regisztrálására szolgál /erő, nyomás, hőmérséklet, ciklusszám, stb./.

A modul 15 analóg és 1 digitális jelet fogad. Az analóg jelek bemeneti feszültség-tartománya -0,5...+0,5 V. A hozzájuk tartozó erősítés 10. A paraméter értékek 10 bites regiszterekből olvashatók ki, melyben a legnagyobb helyértékű bit az előjelbit.

A környezeti paraméterek mintavételezése programozható /0...65 s, 1 ms felbontás/. Külön regiszterekben történik mintavételezés egy-egy AE hangkitörés mérésekor is.

4.1.8. Vezérlő modul

A vezérlő modul feladata a 32 csatornás AE mérőberendezés állapotának figyelése és vezérlése, valamint a TPA-1140 számítógéppel való kapcsolattartás, megszakításkérés kezdeményezése.

A vezérlő modul regisztereiben a mérés típusa és a felhasználó igényei szerint lehet beállítani azt, hogy mit és hogyan mérjen a 32 csatornás mérőberendezés /ld. még 6.1. fejezet/.

"Tranziens" típusu mérés során a vezérlő modul figyeli, hogy egy AE esemény mérésekor a modulok befejezték-e az összes mérni kívánt paraméter mérését. Ha igen, akkor megszakítást kér a számítógéptől a regiszterekben tárolt eredmények kiolvasására. Ezt követően, ha a mérési objektum akusztikusan "csöndessé" vált /vagyis a detektorok jel-szintje egy programozhatóan beállitható ideig az észlelési küszöbszint alatt maradt/, akkor engedélyező jelet küld a mérő moduloknak a következő AE esemény mérésére. A vezérlő modul akkor is bejelentkezik a számítógép felé, ha a mérő modulokban beállított kritériumoknak nem felelt meg egy mérési eredmény /"érvénytelen mérés"/, vagy ha méréssel ill. adatátvitellel kapcsolatos hibát észlelt /ld. még 6.2.3 és 6.2.4 pontok/.

4.1.9. Ellenőrző modul

Ez a modul olyan jeleket állít elő, melyekkel a 32 csatornás mérőberendezés egésze tesztelhető. Egymáshoz képest késleltetett négy impulzust küldhet bármelyik főerősítő négy bemenetére /elektronikus teszt/. Ezeknek a jeleknek a felfutási ideje, amplitudója valamint a jelek közötti késleltetési idők programozhatók. A felerősített jel paramétereit a mérő modulok mérik, melynek értékét a számítógép kiolvassa és megvizsgálja. Az ellenőrző modul olyan jelet is

elő tud állítani, mely az AE detektorok bármelyikére vezethető /detektor teszt/. A piezodetektor ennek hatására AE hanghullámot kelt a vizsgált felületen. Az ellenőrző modullal így meggyőződhetünk arról egy-egy méréssorozat előtt, hogy a detektorok és az előerősítők kábelösszeköttetése tökéletes-e, hogy a detektorok felerősítése, csatolása megfelelő-e. A detektorral keltett hang mérésekor lehetőség kínálkozik az AE hanghullám terjedési sebességének és csillapodásának mérésére is.

4.1.10. Hangjelző modul

A modul az AE detektorok jeleit frekvenciakeverés valamint szűrés segítségével a hallható frekvenciatartományba teszi át. A kimeneti jel hangszórón teszi hallhatóvá az AE jeleket. Egy-egy forgatógombbal lehet a kívánt frekvenciasávot kiválasztani és a hangerősséget szabályozni.

4.1.11. Kézi programozó modul

A 32 csatornás mérőberendezés összes moduljának előlapján található egy csatlakozó, melyre ráköthető a kézi programozó modul. A kézi programozó modul "passzív" vagy "aktív" állapotba hozható. "Passzív" állapotban a vele összeköttetésben levő modul főbb belső jeleinek /adat, cím vonalak, vezérlő jelek/ TTL szintje vizsgálható LED kijelzőkön. Így az egyes modulok komplett áramköreit ellenőrizhetjük, pl. a NIM buszon keresztül történő regiszterekbe való beírást, kiolvasást, címfelismerést, belső busz helyes működését, hand-shaking /parola/ jelváltást, stb. A vezérlő modullal való összeköttetéskor a NIM busz jeleinek állapota olvasható le, mely a modulok közötti jelforgalom ellenőrzését teszi lehetővé.

A kézi programozó modul "aktív" állapotában a rákötött modult leválasztja a NIM buszról és belső regisztereinek tartalmát kiolvashatja ill. felülírhatja. A vezérlő modullal való összekötésnél itt is van eltérés. "Aktív" állapotban a számítógép U buszának és a NIM busznak a kapcsolata megszűnik és a kézi programozó modul által kiküldött jelek a NIM buszra kerülnek kiadásra. Ebben az állapotban a kézi programozó modul a számítógép szerepét veszi át.

4.1.12. Tápegység modul

A stabilizált tápegység 220 V-os hálózati feszültségből állítja elő a 32 csatornás mérőberendezés számára a tápfeszültségeket: 5 V/20 A /2 db/, 15 V/6 A, -15 V/6 A, 24 V/ 4 A, -24 V/4 A.

4.2. TPA-1140 számítógép

A TPA-1140 univerzális kisszámítógép. Néhány jellemzője:

- 16 bites szóhosszuság
- 18 bites címzés
- UBUS univerzális sinrendszer
- DMA közvetlen memória-hozzáférés
- Többszintű megszakítás-rendszer
- Vektoros hardware megszakítás-kezelés
- Hardware stack kezelés
- 16 kszó ferit memória
- 64 kszó félvezető memória

A TPA-1140 számítógép tartozékai:

- Bővitett aritmetika
- Lebegőpontos utasításkészlet
- Bootstrap loader
- Különféle periféria illesztő kártyák
- 32 csatornás AE berendezés illesztő kártya

4.3. Számítógép perifériák

- 2 db MF 3200 kettős floppy egység
- VT 52103 alfanumerikus display
- DZM 180 sornyomtató
- Tektronix 4662 digitális rajzgép
- DT 105 S lyukszalag lyukasztó
- FS 1501 lyukszalag olvasó

4.4. Sokcsatornás analóg magnetofon

Mérések során magnófelvételen rögzíthetők az AE előerősítők jelei. Ez utólagos kiértékelést tesz lehetővé. Az EMI SE 3500 típusu magnetofon főbb adatai:

14 csatorna, 8 féle sebesség /1,19...152 cm/s/; frekvenciasáv: 0-40 kHz FM és 0,3-300 kHz direkt üzemmódban; PCM üzemmódban max. 480 kbit/s sebesség; 0,1 V RMS érzékenység.

5. A TPA-1140 SZÁMITÓGÉP ÉS A 32 CSATORNÁS AE MÉRŐBERENDEZÉS KAPCSO-LATA

A számítógép U buszát az Interface kártya köti össze az AE mérőberendezés NIM buszával. Rajta keresztül a vezérlő modul a számítógépen futó program megszakítását kezdeményezi három esetben:

- ha egy "tranziens" vagy "folyamatos" típusu AE mérés befejeződött és annak eredményei kiolvasásra várnak,
- ha érvénytelen eseményt regisztrált az AE mérőberendezés,
- ha egyes hardware funkciókban hiba történt.

A megszakítás-kérés prioritása 5. A megszakítási program hatására a számítógép kiolvassa az AE berendezés megfelelő regisztereinek tartalmát, azokat feldolgozza és eltárolja.

Az AE berendezés regiszterei 8 bitesek, címtartományuk 764000-764377. Írásuk, olvasásuk byte művelettel történik.

6. SOFTWARE STRUKTURA

Az AE software részei:

- Mérést előkészítő program

- Adatgyűjtő program
- Adatfeldolgozó program,
mérési eredmények megjelenítése
- Ellenőrző program
- A programutasítások leírását tartalmazó program

6.1. Mérést előkészítő program

Az AE berendezés moduljainak állapot-regisztereit minden méréssorozat előtt fel kell tölteni a mérés jellegének megfelelően. Kijelöljük a mérni kívánt paramétereket, felbontásukat, a mintavételezési időket, méréstechnikai paramétereket, a hibefigyelések kritériumait. Ha a szolgáltatások mindegyikét ki akarjuk használni, akkor 67 regiszter tartalmát kell beállítani. Ezeknek a beállítási lehetőségeknek a részletes ismertetése az 1. mellékletben található.

A nagyszámu és sokféle beállítás interaktivitást igényel a programozó és a számítógép között. Ennek a követelménynek a szem előtt tartásával készült el ez a program. Indításakor a display képernyőn megjelennek az AE berendezés moduljainak nevei és jelezve van, hogy az egyes modulok a rendszerbe be vannak-e kötve. A modulok bármelyike kijelölhető és annak beállítandó állapotregisztereinek megjelennek a képernyőn. Kiolvashatjuk aktuális értéküket és azokat megváltoztathatjuk. A program hibás bemenő értékeket nem fogad el, hibajelzést ad. Ezek az állapot regiszter értékek floppy lemezre írhatók és későbbi mérések indításakor behívhatók, megkimélve ezzel a felhasználót a nagyszámu beállítástól.

6.2. Mérésadatgyűjtő program

Ez egy real-time program, mely az AE méréssorozat alatt naplózza az AE mérőberendezés eredményeit. Az AE berendezés megszakítás kérésekor erre a programra adódik a vezérlés. A program először megvizsgálja a megszakítás okát. Ha egy "tranzien" vagy

"folyamatos" típusu mérés okozta, akkor a mérési eredményeket beolvassa és eltárolja a program.

Ha érvénytelen mérés vagy hibajelzés okozta a megszakítást, akkor annak okáról olvas be további információt és naplózza azt. A program folyamatábrája a 2. mellékletben található.

6.2.1. "Tranziens" típusu AE jel mért paraméterei:

1. Az AE esemény bekövetkezési ideje
2. Melyik detektorelrendezés melyik detektora szólalt meg elsőként
3. "Első csatorna" oszcillációs száma
4. "Programozott csatorna" oszcillációs száma
5. "Első csatorna" csúcsamplitúdója
6. "Programozott csatorna" csúcsamplitúdója
7. "Első csatorna" felfutási ideje
8. "Programozott csatorna" felfutási ideje
9. "Első csatorna" esemény időtartama
10. "Programozott csatorna" esemény időtartama
11. "Első csatorna" energiája
12. "Programozott csatorna" energiája
13. "Első csatorna" felfutási idejéhez tartozó energia
14. "Programozott csatorna" felfutási idejéhez tartozó energia
15. Lokalizáláshoz szükséges időnégyes
16. Környezeti paraméterek /max. 16/

Egy AE jel mérése után a számítógép max. 55 8 bites regiszter tartalmát olvassa ki.

6.2.2. "Folyamatos" típusu AE jel mért paraméterei:

1. Referencia-feszültség
2. RMS feszültség
3. Az AE jel AC RMS feszültsége
4. Környezeti paraméterek /max. 16/
5. Mintavételezés sorszáma

Egy mintavételezés után a számítógép max. 37 8 bites regiszter tartalmát olvassa ki.

6.2.3. Érvénytelen mérés lehetséges okai

1. Az AE paraméterek alsó vagy felső határértékének túllépése
2. Külső tiltó jel aktiv szintje során történt AE mérés
3. Két detektorelrendezés egyszerre észlelt AE jelet
4. Egy detektorelrendezésen belül az összes detektor egyszerre szólalt meg
5. Egy detektorelrendezésen belül többször megszólalt egy detektor, mielőtt mind a 4 megszólalt volna.
6. A háromszög ill. négyzet alakú detektorelrendezés mellett a detektorok megszólalási sorrendje hibás
7. Idő koincidencia
8. Idő antikoincidencia
9. Egy detektorelrendezésen belül nem szólalt meg az összes detektor egy definiált idő alatt
10. Slave-nek definiált detektorelrendezés észlelt elsőként egy AE hangkitörést.

6.2.4. Hibajelzés lehetséges okai

1. A mérni kívánt AE paraméterek mérése bizonyos időn belül nem kezdődött el ill. nem fejeződött be.
2. A megmért AE paraméterek kiolvasását a számítógép egy bizonyos időn belül nem kezdte el ill. nem fejezte be.
3. A vezérlő modul egy bizonyos időn belül nem küldi ki az AE modulok felé az új mérést előkészítő "RESET" jelet.
4. A mérési objektum egy bizonyos időn belül nem válik akusztikusan csöndessé.

6.3. Adatfeldolgozó program, mérési eredmények megjelenítése

Ezek a programok mérés közben /on-line/ és után /off-line/ az eltárolt mérési eredményeket dolgozzák fel.

6.3.1. Lokalizálás

Az idő-modul méri a detektorok észlelése közötti időtartamokat. Ennek birtokában, továbbá ismerve a detektorok pozícióit és az AE jel terjedési sebességét, kiszámítható az AE hangforrások koordinátái. A számítás koordinátageometriai összefüggéseket használ fel, hiperbolák vagy Apolloniuszi körök metszéspontját határozza meg. Többféle matematikai eljárás ismeretes, melyeknek eltérő a bemeneti adatokra vonatkoztatott hibaérzékenysége, pontossága, az algoritmus bonyolultsága, a számításhoz felhasznált műveletek száma. Az on-line, mérés közben használt lokalizáló programnak gyorsnak kell lennie, az off-line utólagos kiértékelés lokalizáló programjánál már lassabb futás is megengedhető a nagyobb pontosság érdekében. Célszerű olyan detektorelrendezéseket használni, melyeknek egyszerűbb a lokalizálási algoritmus. Sik felületen legalább 3 detektor szükséges a lokalizáláshoz. Egyértelmű eredményt azonban csak a három detektor által közrefogott felületen kapunk. 4 detektor már a teljes felületre egyértelmű megoldást ad.

Célszerű sik felületen egy szabályos háromszög csucsáiban és középpontjában elhelyezni a detektorokat. Másik gyakran alkalmazott elrendezésnél egy négyzet csucspontjaiban kapnak helyet a detektorok. Hengeres felületen paralelogramma csucsaira, gömb felületen háromszög csucsaira és középpontjára célszerű felhelyezni a detektorokat.

Sik felületen háromszög ill. négyzet, hengeres felületen paralelogramma elrendezéshez tartozó számítást közöl a 3. melléklet. Lineáris, egyenes mentén történő lokalizáláskor /pl. csővezeték/ két detektor felhelyezésével a két detektor közötti szakaszon tudunk lokalizálni.

Mindegyik detektorelrendezéshez ill. felülethez ismertek számítási algoritmusok. Ezeket célszerű kiegészíteni néhány méréstechnikai szempont figyelembe vételével. Ezek a finomított eljárások elsősorban az off-line lokalizálásban kaphatnak helyet. Mik ezek a szempontok? Az AE jel terjedési sebessége irányfüggő lehet; az

AE jel több modusból tevődik össze, melyeknek eltérő a sebessége és a csillapodása; a vizsgált szerkezet alakjától függően visszaverődésekre is számítani lehet, stb. A lokalizáló program kiegészíthető hihetőségvizsgálattal, mely ellenőrzi, hogy a mért időnégyes bizonyos tűréssel elvileg helyes-e.

Gyors, de nem túl pontos lokalizálási eljárás az, amelynél a felületet véges sok szabályos elemi területre bontják /hatszögek, háromszögek/. Azt kell meghatározni, melyik elemi területbe, szektorba ill. zónába esik a hangforrás. Egyszerű számítások mellett a gép egy táblázatból keresi ki a megfelelő idom sorszámát. Ennek a megoldásnak nagy a memória igénye.

6.3.2. Határérték figyelés software uton

Az AE paramétereket mérő modulokban beállíthatók alsó és felső küszöbértékek. Attól függően, hogy a mért paraméterek értékei ezek fölé vagy alá esnek, az illető AE esemény mérését érvényesnek vagy érvénytelennek tekintjük /hardware határérték vizsgálat/.

További software határérték vizsgálatok végezhetők számítógéppel. A program indítása előtt definiálni kell a figyelni kívánt paraméterek alsó és felső küszöbszintjét. A kiszűrt AE események nem vesznek ezután részt a további kiértékelésben.

6.3.3. Függvények ábrázolása

Ez a program az operátor parancsára bármely két tárolt paraméter függvénykapcsolatát vagy korrelációs térképét kirajzolja a digitális rajzgépen /pl. az AE események integrális számát az idő függvényében/. A program alapesetben úgy választja meg a változók ábrázolási tartományát, hogy abba a változó legkisebb és legnagyobb tárolt értéke is beleessen. Program parancssal azonban kijelölhető más ábrázolási tartomány ill. lineáris vagy logaritmikus skálázás is a koordinátatengelyeken. A program lehetővé tesz eloszlás és sűrűség függvény felvételt is. Néhány jellegzetes görbét mutat be a 3., 4. és 5. ábra.

6.3.4. Mérési eredmények listázása

Az operátor által kiválasztott paraméterek a mérés kiválasztott szakaszában számjegyesen megjeleníthetők a display képernyőn ill. a sornyomtatón.

6.3.5. Lokalizálási térkép

Ez a program a display képernyőn ill. a rajzgépen jeleníti meg a lokalizált AE források helyét a vizsgált felület kiterített képén. Egy-egy ilyen helyre pontot tesz a program, ábrázolja az AE detektorok pozícióját is /6. ábra/.

6.4. Ellenőrző program

Ez a program hasznos segítséget ad ahhoz, hogy egy méréssorozat előtt a 32 csatornás AE rendszer működését ellenőrizzük.

Részei:

- A 32 csatornás AE mérőberendezés regisztereinek írás-olvasás folyamatának tesztelése többféle adattal.
- Az AE események mérésének előkészítése megfelelően történik-e.
- Mérési, adatgyűjtési és tárolási folyamatok ellenőrzése.
- Érvénytelen mérés ill. hiba állapotok előidézése után megfelelően dolgozik-e a rendszer.
- A sornyomtató és a digitális rajzgép működésének ellenőrzése.

6.5. A programutasítások leírását tartalmazó program

Ez a program a 32 csatornás AE berendezés programrendszerét ismerteti. Leírja a szintaktikai szabályokat, felsorolja a hívható utasításokat és értelmezi azokat.

6.6. Programozási nyelv megválasztása

A real-time programokat célszerűen assambly nyelven írjuk meg a gyors működés érdekében. A mérést előkészítő ill. feldolgozó, kiértékelő programokkal szemben nem elvárás a gyors műveletvégzés, erre a célra megfelelő a FORTRAN nyelvű programozás.

A programfejlesztést az RT-11 operációs rendszer szolgáltatásaival végezzük.

1. sz. melléklet

A mérést előkészítő programmal beállítható állapotok,

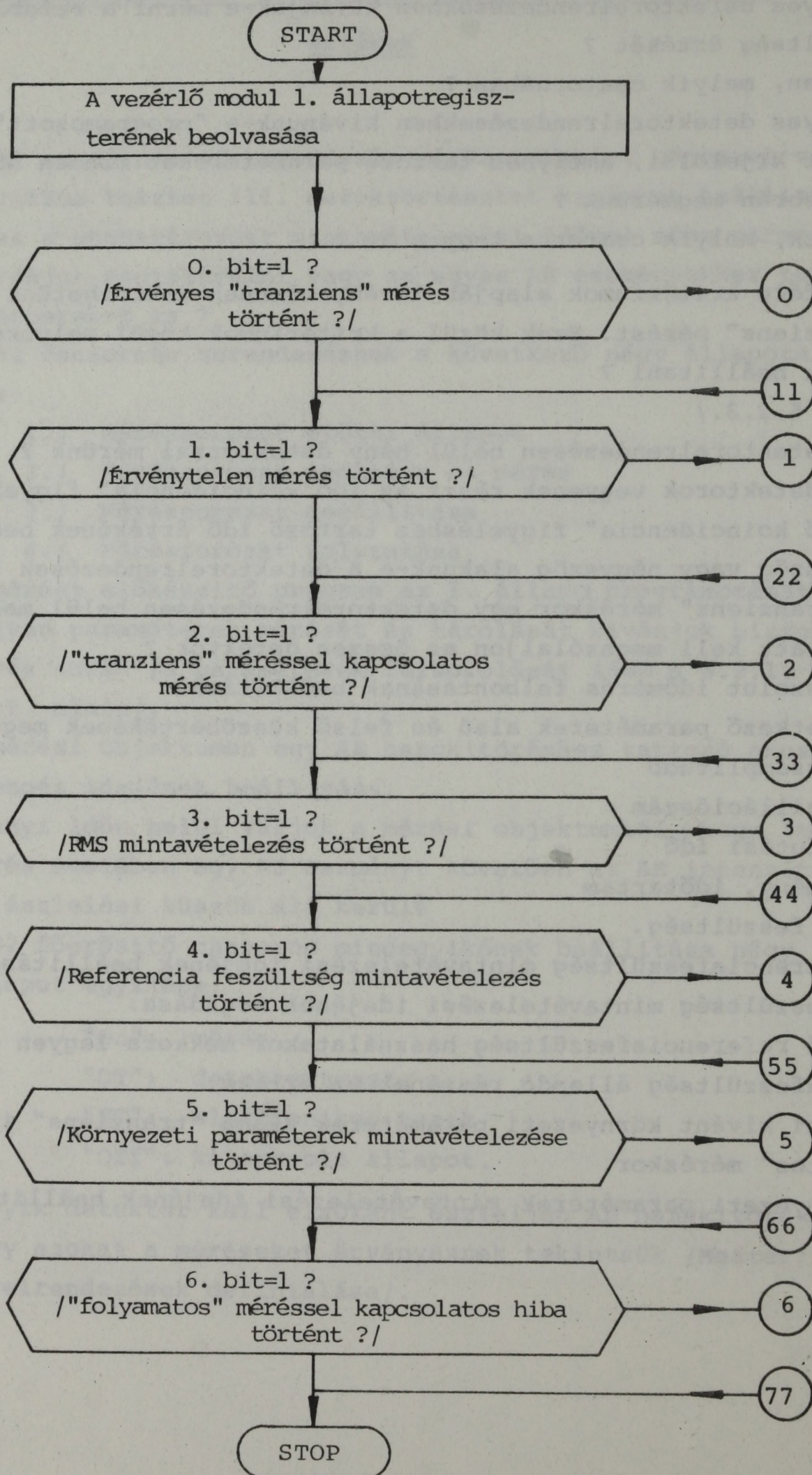
értékek

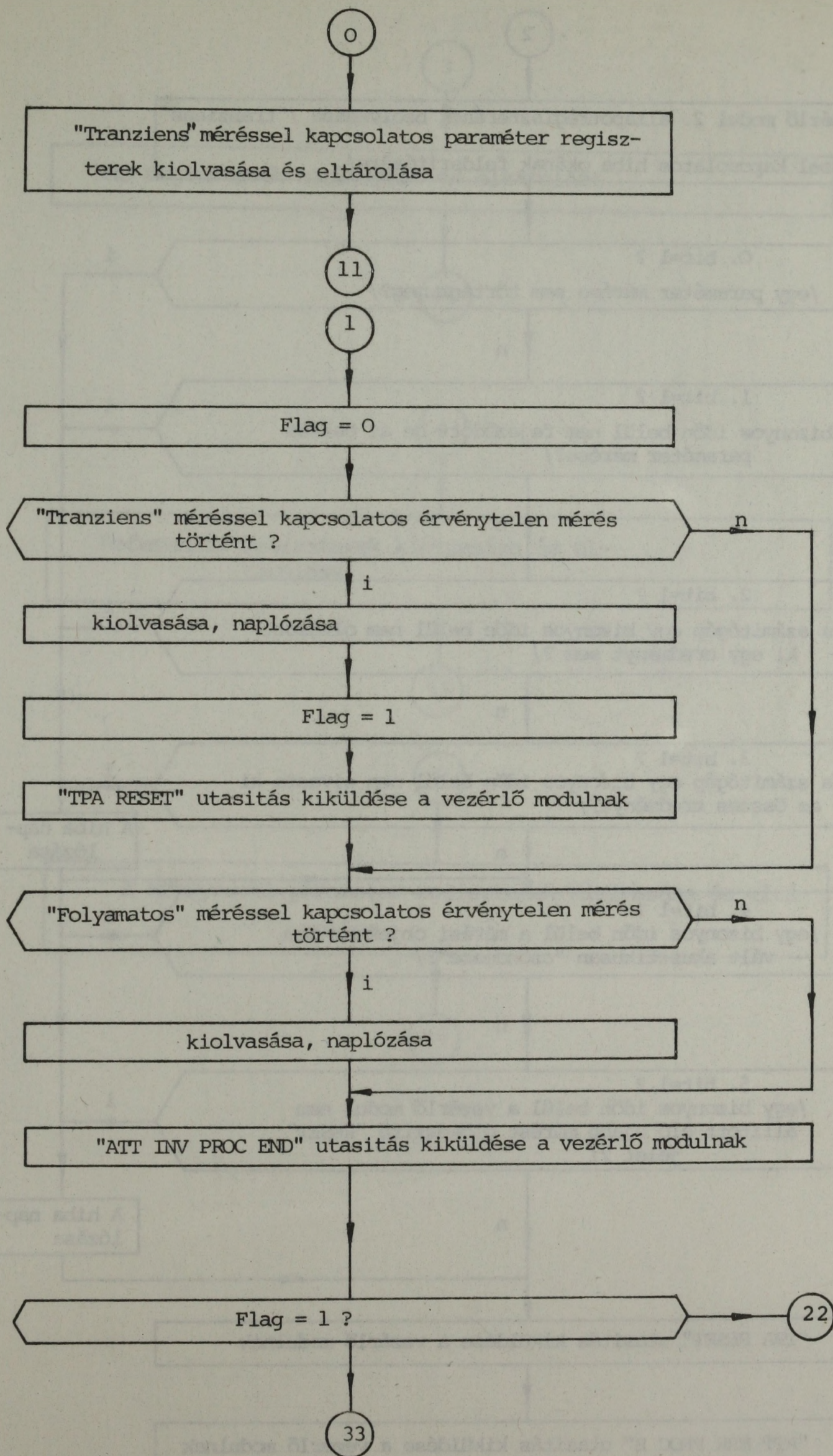
- 1./ A 32 csatornás AE berendezés méréssorozatot végezzen vagy elektronikus tesztet ill. detektortesztet kívánunk beállítani ?
- 2./ Csak a meghatározott mintavételezési idővel mért paramétereket kívánjuk regisztrálni vagy az egyes AE eseményekhez tartozó paramétereket is ?
- 3./ A 32 csatornás berendezésnek a következő négy állapota lehetséges:
 - 1./ Méréssorozat előtti állapot
 - 2./ Méréssorozat indítása és mérés
 - 3./ Méréssorozat megállítása
 - 4./ Méréssorozat folytatásaA mérést előkészítő program az 1. állapot programozását végzi el.
- 4./ Milyen paraméterek mérését és tárolását kívánjuk biztosítani a mérés során /a paraméterek felsorolását lásd a 6.2.1. és 6.2.2. pont alatt/.
- 5./ A mérési objektumon egy AE hangkitöréshez tartozó akusztikus lecsengés idejének beállítása.
- 6./ Mennyi időn belül várjuk a mérési objektumtól, hogy "tranziens" mérés esetében egy AE eseményt követően az AE intenzitás ismét az észlelési küszöb alá kerül?
- 7./ A 32 főerősítő csatorna mindegyikének beállítása négy lehetséges állapot egyikébe:
 - "On": mérés
 - "DT": detektorteszt
 - "ET": elektronikus teszt
 - "Off": kikapcsolt állapot.
- 8./ Melyik detektor kell elsőként észleljen AE hangkitöréseket ahhoz, hogy azokat a méréseket érvényesnek tekintsük /Master/slave detektorelrendezések definiálása/.

- 9./ Az egyes főerősítők "állandó" /de programozható/ vagy "lebegő" referenciafeszültséggel mérjenek ?
- 10./ Az egyes detektorelrendezésekben kívánjuk-e mérni a referenciafeszültség értékét ?
Ha igen, melyik csatornában ?
- 11./ Az egyes detektorelrendezésekben kívánunk-e "programozott" csatornát kijelölni, amelyhez tartozó paramétereket minden AE esemény során megmérünk ?
Ha igen, melyik csatorna legyen az ?
- 12./ Különbféle kritériumok alapján érvénytelennek tekinthetünk egy-egy "tranzienz" mérést. Ezek közül a kritériumok közül melyeket kívánjuk beállítani ?
/lsd. 6.2.3./
- 13./ Egy detektorelrendezésen belül hány detektorral mérünk ?
- 14./ Mely detektorok vegyenek részt az "idő koincidencia" figyelésben ?
- 15./ Az "idő koincidencia" figyeléshez tartozó idő értékének beállítása.
- 16./ Háromszög vagy négyszög alakúak-e a detektorelrendezések ?
- 17./ AE "tranzienz" mérésakor egy detektorelrendezésen belül mekkora idő alatt kell megszólaljon az összes detektor ?
- 18./ Az abszolút időmérés felbontásának beállítása.
- 19./ A következő paraméterek alsó és felső küszöbértékének megadása:
- csucsamplitudó
- oszcillációs szám
- felfutási idő
- esemény, időtartam
- RMS feszültség.
- 20./ A referenciafeszültség mintavételezési idejének beállítása.
- 21./ RMS feszültség mintavételezési idejének megadása.
- 22./ Lebegő referenciafeszültség használatakor mekkora legyen a referenciafeszültség állandó részének az értéke.
- 23./ A mérni kívánt környezeti paraméterek száma "tranzienz" ill. "folyamatos" mérésakor.
- 24./ A környezeti paraméterek mintavételezési idejének beállítása.

2.sz. melléklet

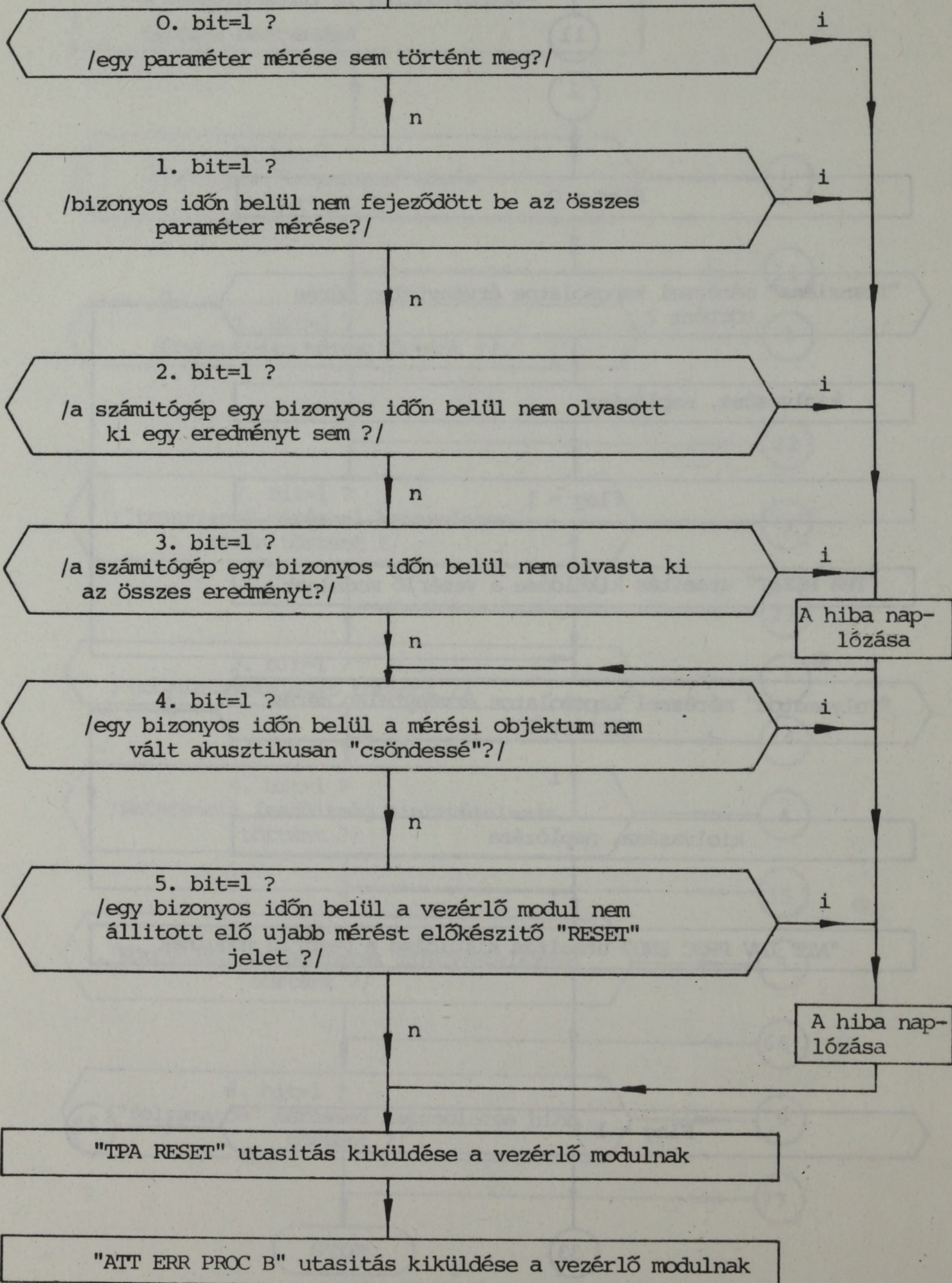
A mérésadatgyűjtő program folyamatábrája

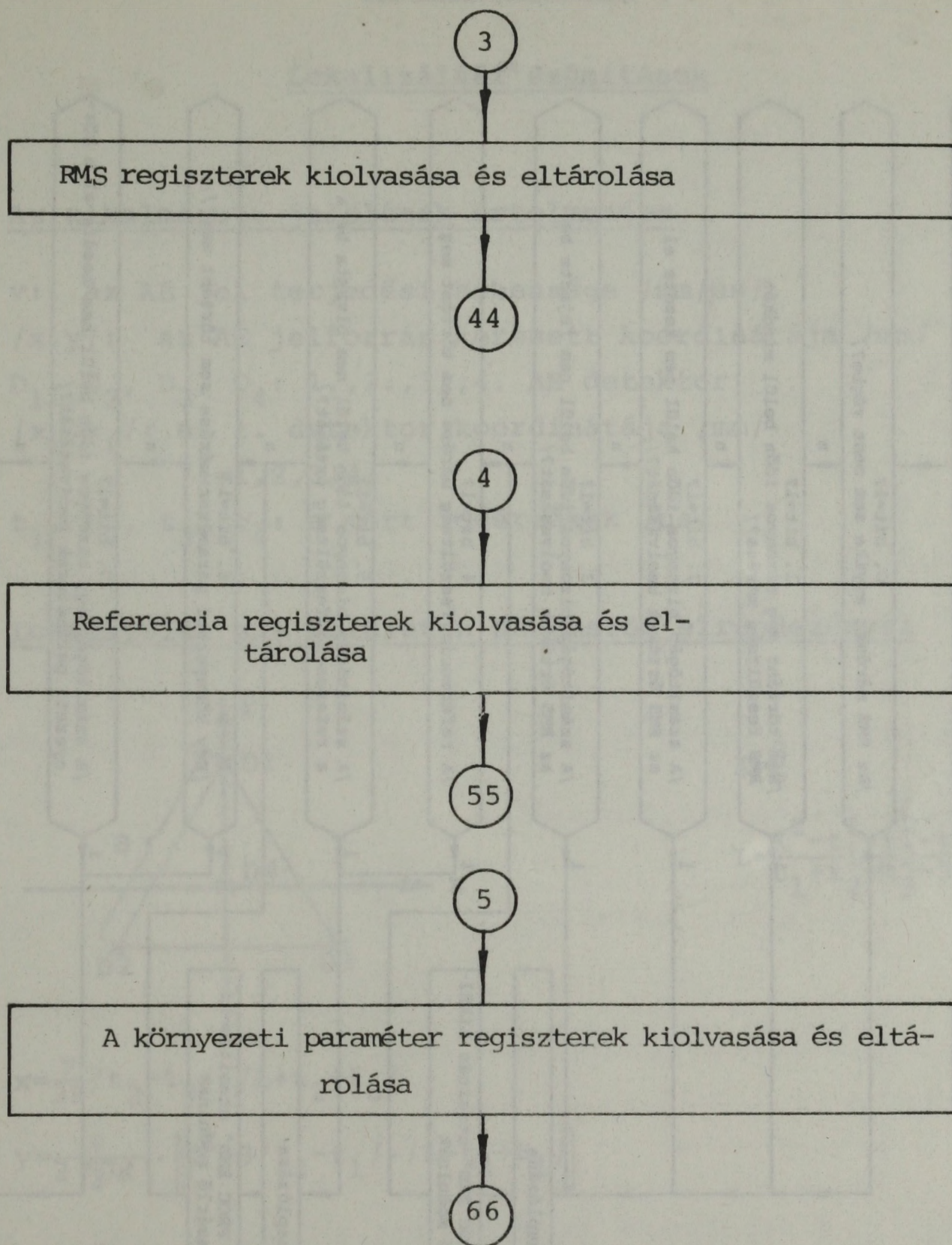


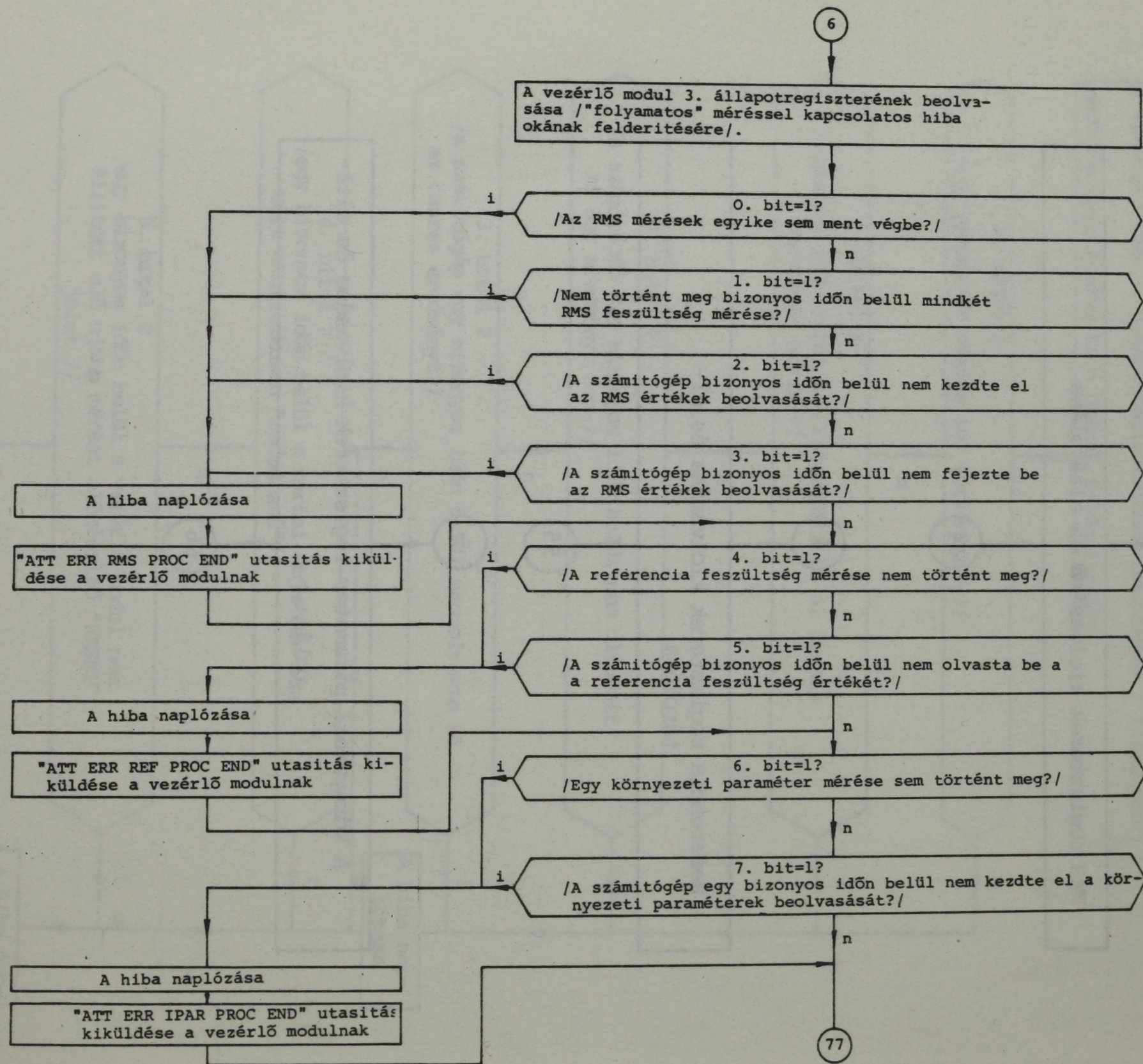


2

A vezérlő modul 2. állapotregiszterének beolvasása /"tranziens" méréssel kapcsolatos hiba okának felderítésére/.







Lokalizálási számítások

1./ Az alkalmazott jelölések értelmezése

v : az AE jel terjedési sebessége /mm/ μ s/

$/x, y/$: az AE jelforrás keresett koordinátája /mm/

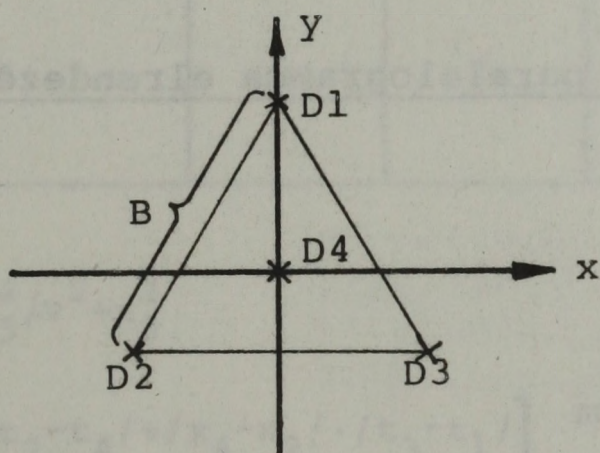
D_1, D_2, D_3, D_4 : 1., 2., 3., 4. AE detektor

$/x_i, y_i/$: az i . detektor koordinátája /mm/

$/i=1, 2, 3, 4/$

t_1, t_2, t_3, t_4 : a mért időértékek / μ s/

2./ Lokalizálás sík felületen háromszög elrendezéssel



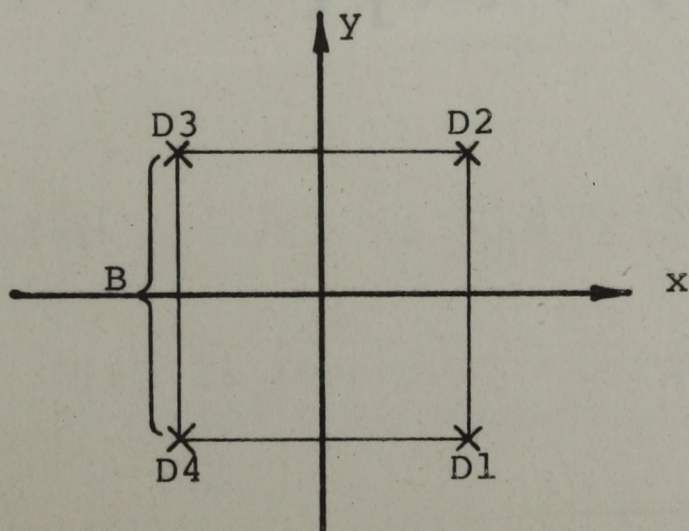
$$K = \frac{B}{v}$$

$$L = \frac{K^2 - t_1^2 - t_2^2 - t_3^2 + 3t_4^2}{t_1 + t_2 + t_3 - 3t_4}$$

$$x = \frac{v}{2K} (t_2 - t_3) / (L + t_2 + t_3)$$

$$y = \frac{v}{2\sqrt{3}K} \cdot \left[K^2 + 3(t_4 - t_1) / (L + t_4 + t_1) \right]$$

3./ Lokalizálás sík felületen négyzet elrendezéssel



$$K = \frac{B}{v}$$

$$N = t_1 + t_3 - t_2 - t_4$$

$$M = \frac{t_4^2 + t_2^2 - t_3^2 - t_1^2}{N}$$

$$x = \frac{v}{2K} \cdot (t_3 - t_2) / (M + t_3 + t_2)$$

$$y = \frac{v}{2K} \cdot (t_1 - t_2) / (M + t_1 + t_2)$$

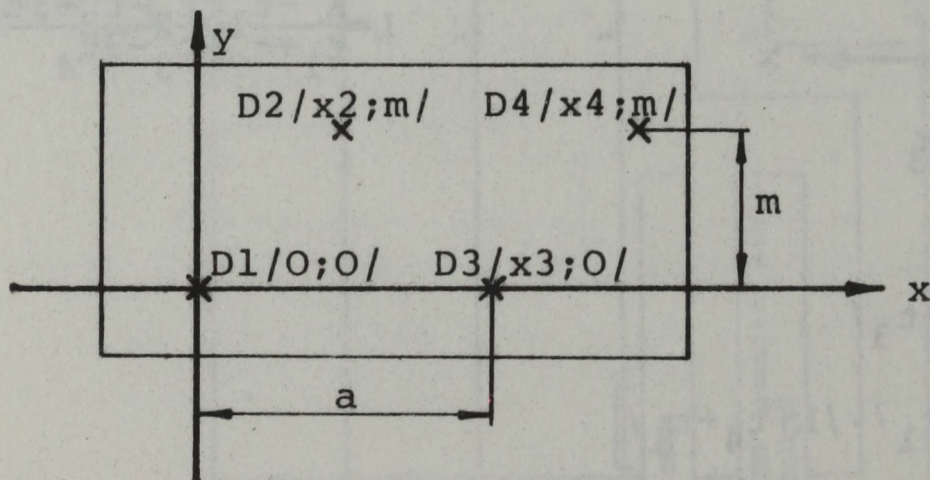
$N=0$ esetben az egyik koordináta értéke 0 lesz, a másik pedig u vagy $-u$.

$$u = \frac{t \cdot v}{2} \cdot \sqrt{\frac{2K^2 - t^2}{K^2 - t^2}}, \text{ ahol } t \text{ a nullától különböző } t_1, t_2, t_3 \text{ vagy } t_4 \text{ értéket veszi fel.}$$

A detektorok megszólalási sorrendje dönti el, hogy melyik szektorba esik a megoldás.

4./ Lokalizálás hengeres felületen paralelogramma elrendezéssel

A kiterített hengerpalást:



x_2, x_3, x_4 a detektorok megszólalási sorrendje szerint más és más értéket vesz fel.

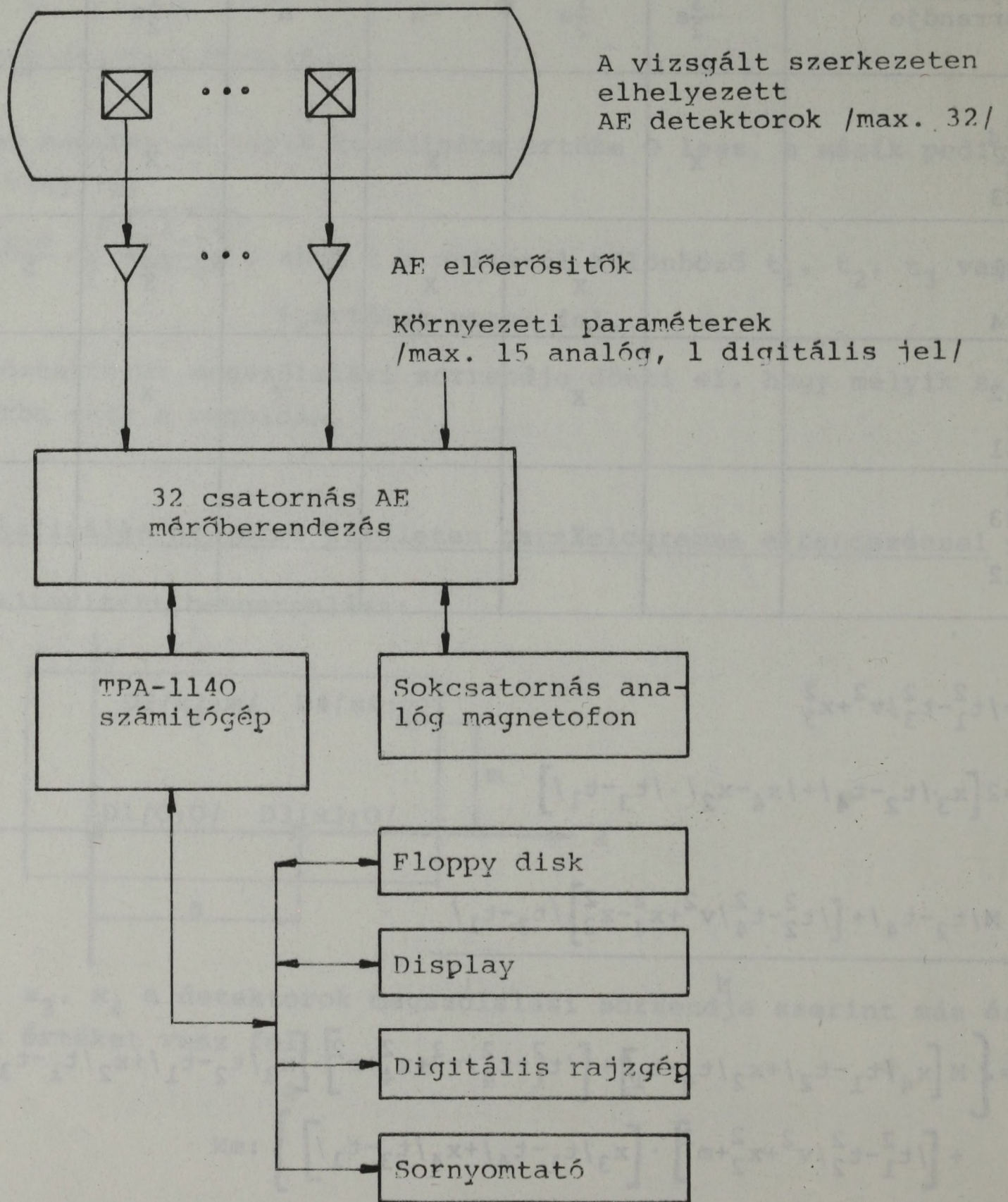
A detektorok megszólalási sorrendje	$x_2 =$		$x_3 =$		$x_4 =$	
	$-\frac{3}{2}a$	$\frac{1}{2}a$	$-a$	a	$-\frac{1}{2}a$	$\frac{3}{2}a$
34 314 43 423	X		X		X	
41 421 14 134		X	X		X	
12 132 21 241		X		X	X	
23 243 32 312		X		X		X

$$M = /t_1^2 - t_3^2 / v^2 + x_3^2$$

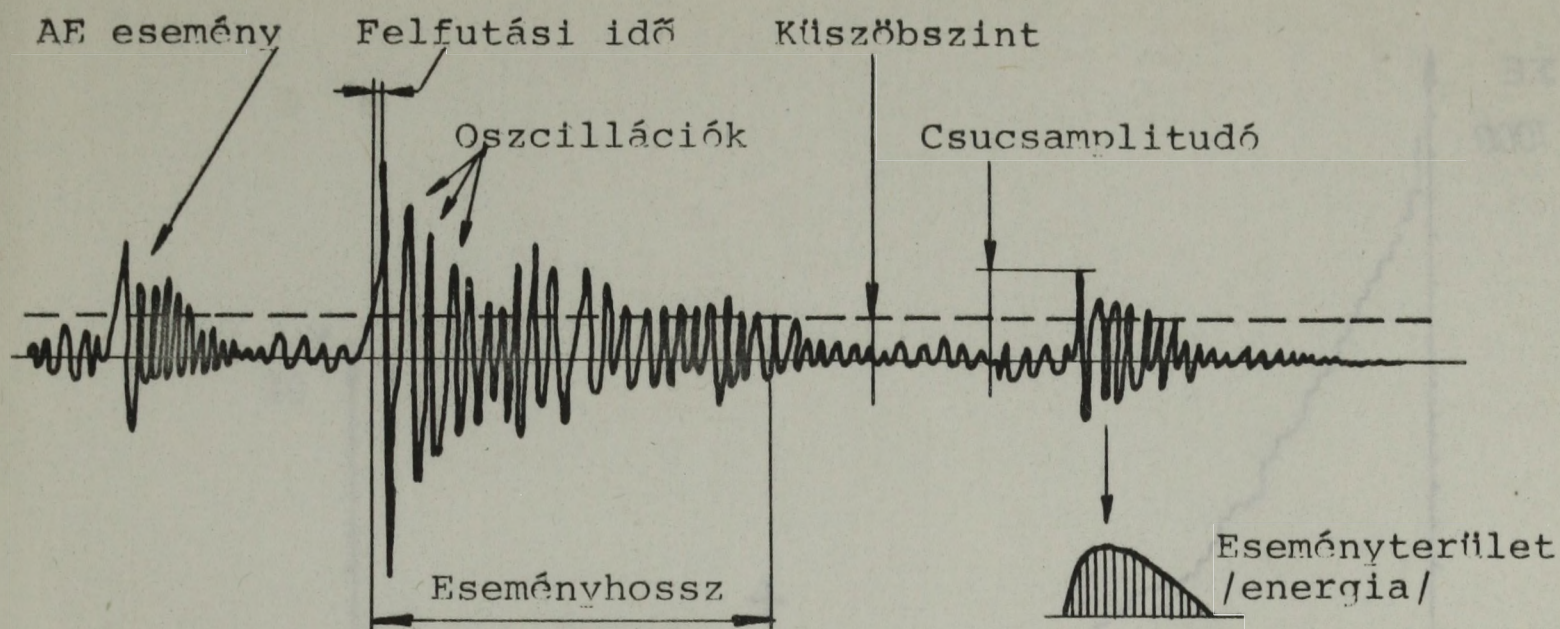
$$N = 2 \left[x_3 / t_2 - t_4 / + / x_4 - x_2 / \cdot / t_3 - t_1 / \right]$$

$$x = \frac{M / t_2 - t_4 / + \left[/ t_2^2 - t_4^2 / v^2 + x_4^2 - x_2^2 \right] / t_3 - t_1 /}{N}$$

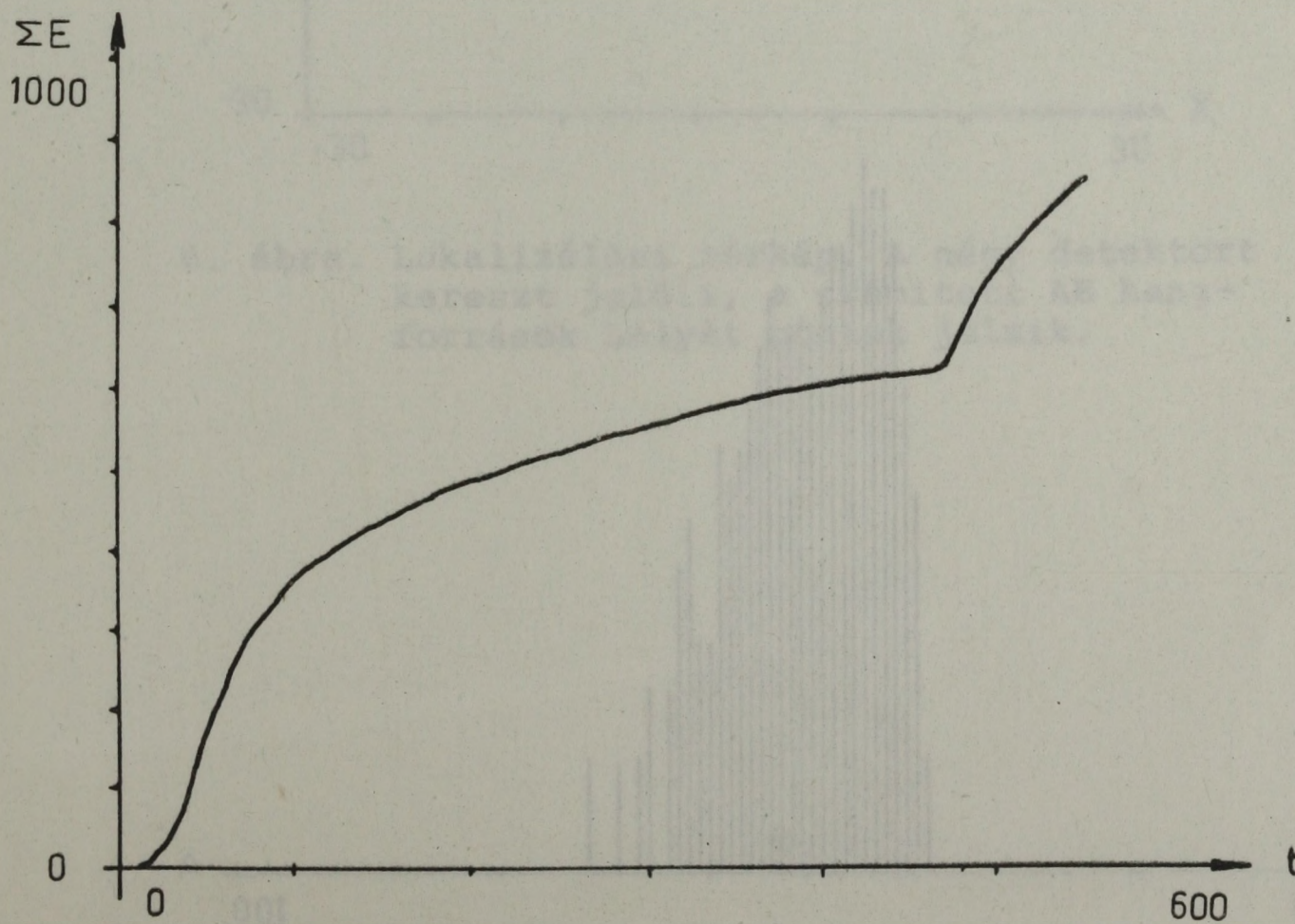
$$y = \left\{ M \left[x_4 / t_1 - t_2 / + x_2 / t_4 - t_1 / \right] + \left[/ t_1^2 - t_4^2 / v^2 + x_4^2 + m^2 \right] \cdot \left[x_3 / t_2 - t_1 / + x_2 / t_1 - t_3 / \right] + \right. \\ \left. + \left[/ t_1^2 - t_2^2 / v^2 + x_2^2 + m^2 \right] \cdot \left[x_3 / t_1 - t_4 / + x_4 / t_3 - t_1 / \right] \right\} : mN$$



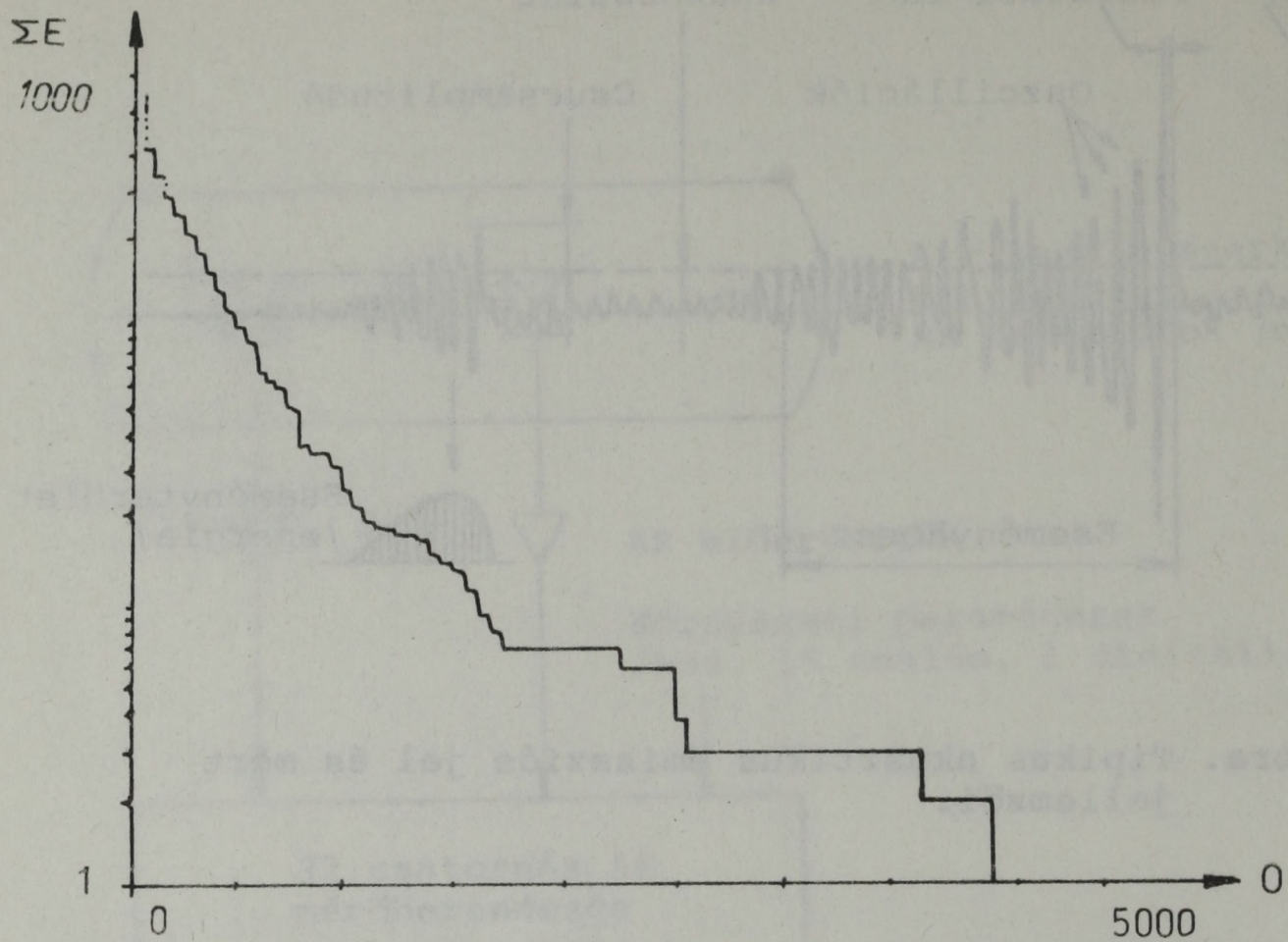
1. ábra. 32 csatornás AE mérő és jelfeldolgozó rendszer.



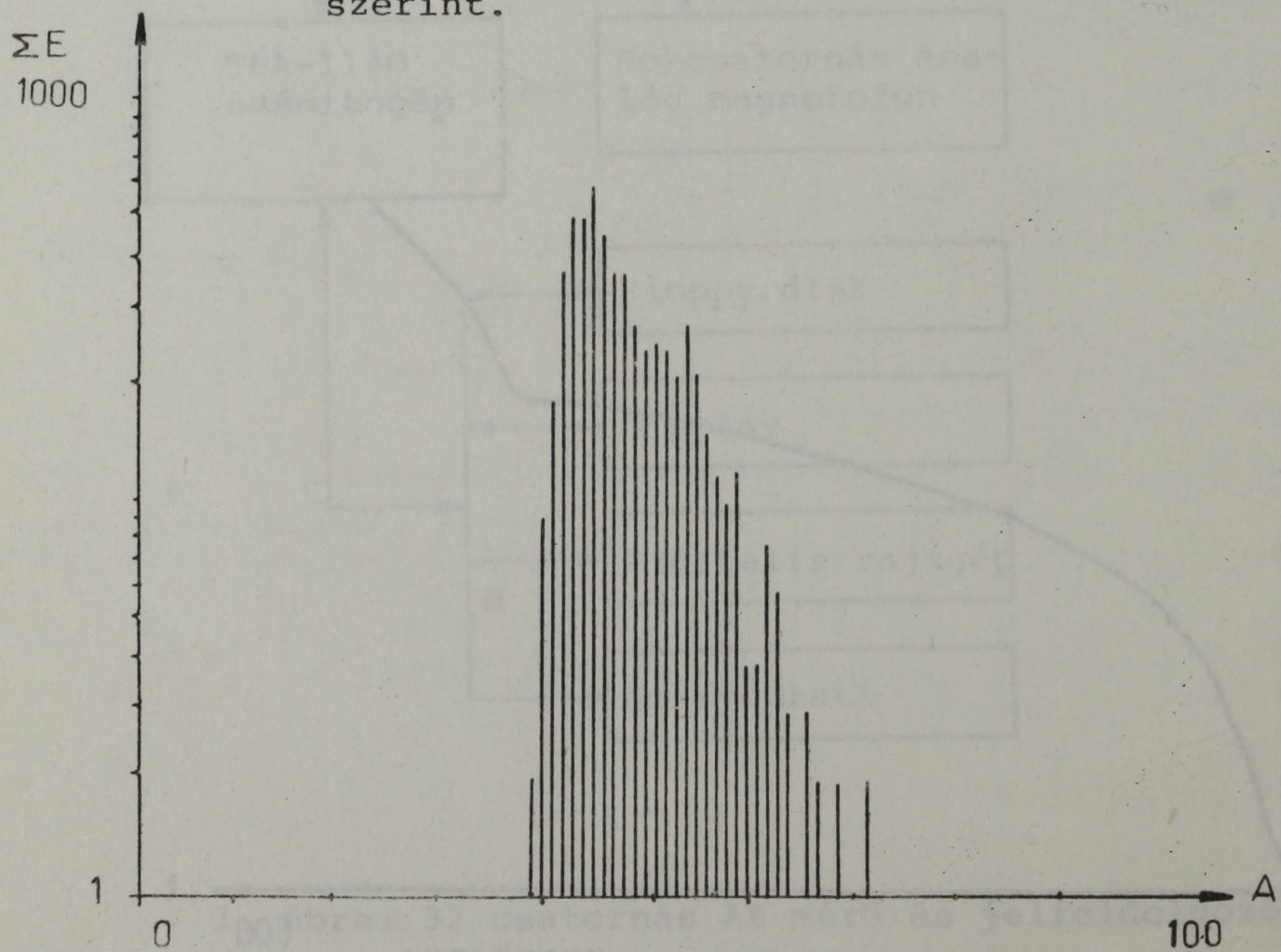
2. ábra. Tipikus akusztikus emissziós jel és mért jellemzői.



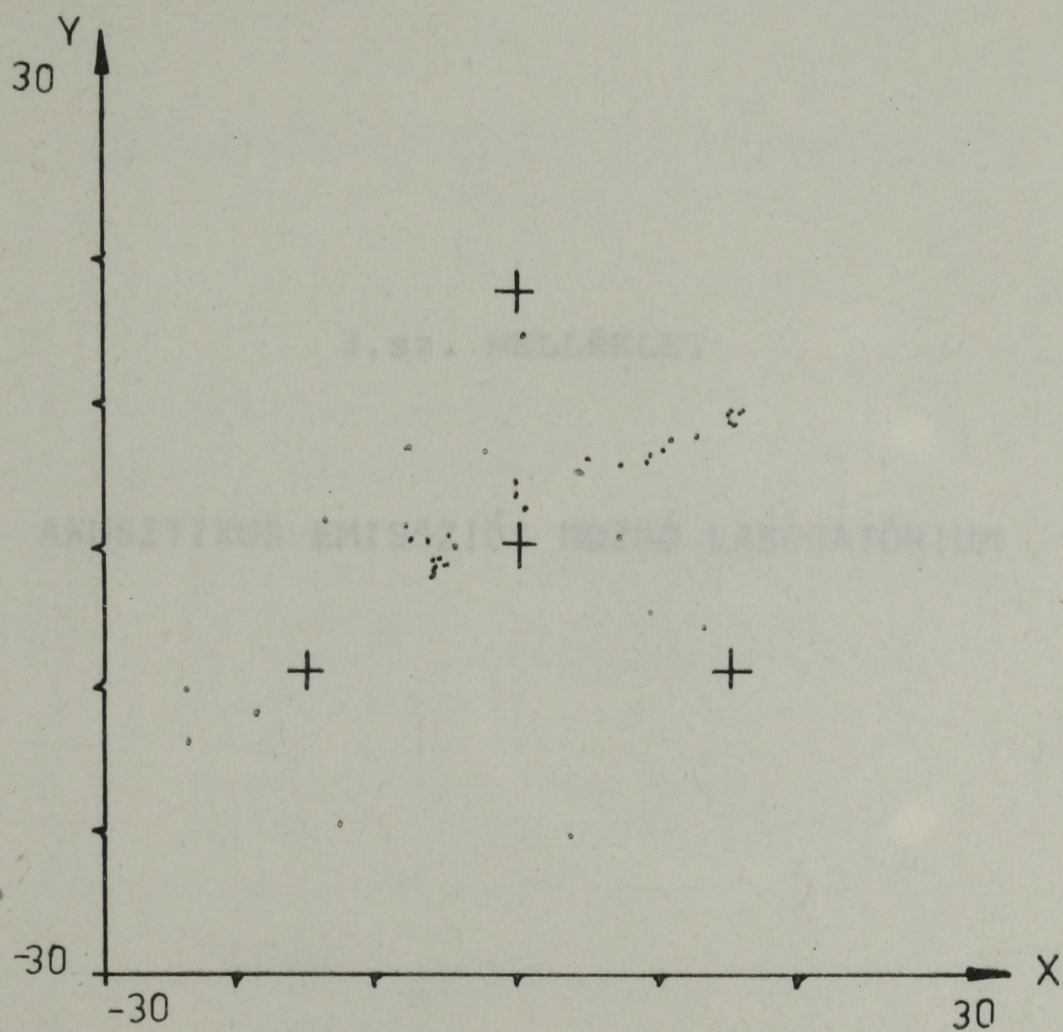
3. ábra. Az AE események integrális száma ΣE az idő t függvényében.



4. ábra. Az AE események integrális számának ΣE eloszlásfüggvénye az oszcillációs szám O szerint.



5. ábra. Az AE események integrális számának ΣE sűrűségfüggvénye a csúcsmplitudó A szerint.



6. ábra. Lokalizálási térkép. A négy detektort kereszt jelöli, a számított AE hangforrások helyét pontok jelzik.

3.sz. MELLÉKLET

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MOZGÓ LABORATÓRIUM

Atomenergia Kutató Intézet
REFO Mérésautomatizálási Osztály

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MOZGÓ LABORATÓRIUM

Tervcél

- I. A létesítmény célja
 - II. Általános követelmények
 - A. Forgalmi követelmények
 - B. Biztonsági, biztosítási követelmények
 - C. Funkcionális követelmények
 - D. Az autóbusz térmegosztása
 - E. Klimafeltételek
 - F. Energiaellátás
 - G. Mechanikai rezgésállóság
 - H. Egyéb, általános követelmények
 - III. A megoldandó feladatok összefoglalása
 - A. Tervezés
 - B. Gyártás, szerelés
 - C. Ügyintézés
- 1.sz. Melléklet:
Berendezés-jegyzék

AKUSZTIKUS EMISSZIÓS MOZGÓ LABORATÓRIUM

I. A létesítmény célja

Terhelés hatására létrejött anyagszerkezeti változások /megfolyás, kristály deformáció, mikrorepedések, törések, stb/ hangkibocsájtással, ugynevezett akusztikus emisszióval járnak. Ezt a jelenséget használják fel a roncsolásmentes anyagvizsgálatok egyik legújabb módszerében.

Az akusztikus emissziós mozgó laboratórium célja az, hogy vele megteremtsük az akusztikus emisszió első hazai eszközbázisát közepes és nagy szerkezetek /tartályok, csővezetékek, hidak, gépszerkezetek, stb/ roncsolásmentes helyszíni vizsgálatára. A vizsgálandó szerkezetek nagy mérete megköveteli az egyszerre több érzékelővel történő detektálást, az érzékelők által szolgáltatott jelek sokasága a gyors számítástechnikai feldolgozást. A szerkezetek jellege a helyszínen történő mérést teszi szükségessé, ezért elengedhetetlen a terjedelmes és bonyolult számítógépes mérőrendszer mozgó laboratóriumként való kialakítása.

II. Általános követelmények

Az előzetes tanulmányok, megbeszélések alapján a sokcsatornás, számítógépes akusztikus emissziós mérőrendszer mobilitását célszerű az IKARUSZ 260 típusú autóbusszával megoldani. A felhasználni kívánt, viszonylag sok és nagyméretű mérésadatgyűjtő és számítástechnikai berendezés, a fokozott mobilitási igény és a méréseket végző személyek száma indokolja a kiválasztott típusú és méretű autóbusszal alkalmazását.

Az autóbusszal, annak kialakításával szemben támasztott követelmények az alábbiak.

A. Forgalmi követelmények

Az autóbusszal alkalmas legyen távolsági közlekedésre, /előreláthatóan nemzetközi viszonylatban is/, viszonylag magas utazási sebesség mellett. /kb. 70 km/h/. Az utazási személyek száma a sofőrrel együtt 5-6 fő. A nemzetközi viszonylatban történő utazások miatt gondoskodni kell az utazó és mérő, tároló részek zárható szétválasztásáról./vám/

B. Biztonsági, biztosítási követelmények:

Az autóbuszban tárolt nagyértékű berendezések /mintegy 10 Mio Ft/ megkövetelik a tűz, betörés, stb. elleni védelmet. Kívánatos azt füst és tűzjelző, valamint betörés-riasztó berendezésekkel ellátni. Az autóbusz kialakítását /ajtók, ablakok/, védelmét egyeztetni kell az Állami Biztosítóval. A laboratóriumban nincsenek fokozott tűz és robbanásveszélyes anyagok. A belső kialakításnál figyelembe kell venni a munkavédelmi előírásokat.

C. \ Funkcionális követelmények:

Az autóbuszba telepítendő akusztikus emissziós mérőrendszer az alábbi részekre osztható:

1. Akusztikus emissziós detektorok csatlakozótáblája és kábeleik. A detektorokat a vizsgáló szerkezet felületére helyezzük, és az un. detektorlefogókkal rögzítjük. A detektorok és a kihelyezett előerősítők között rövid /1 m/ kábel van. Az előerősítőkhöz a busz csatlakozótáblájáról egy-egy, max. 50 m hosszú kábel csatlakozik.
2. Mérésadatgyűjtő és számítógépes adatfeldolgozó.
3. A számítógépes adatfeldolgozó perifériái, amelyeken keresztül utasítások adhatók a számítógépnek, illetve amelyeken keresztül adja ki a számítógép a feldolgozási eredményeket.
4. Segédberendezések /helyszini szervizhez, stb./

D. Az autóbusz termegosztása:

- Utazótér 5-6 fő személy részére /sofőrrel együtt/.
- Gépterem, ahol a 2. és 3. pont berendezései foglalnak helyet.
- Szerviztér
- Belépő-tér, amely az alábbi feladatokat látja el:
 - + Hőmérséklet és szennyeződés zsilip a külső tér és a gépterem, illetve szerviztér között
 - + Étkezési, tisztálkodási lehetőséget ad a személyzet számára
 - + Korlátozott tárgyalási lehetőséget biztosít.

Az autóbuszba telepítendő nagyobb műszerek, berendezések listáját az 1. sz. Melléklet tartalmazza, ahol feltüntettük a berendezések méretét, súlyát, elektromos teljesítmény felvételét. Az autóbusz belső terét célszerű három részre osztani: a hátul, középen elhelyezkedő ajtó egy u.n. belépőtérbe nyílik, innen egy másik ajtón keresztül a klimatizált mérő-térbe lehet jutni. A jobb első ajtón keresztül az utazótérbe lehet bejutni. Az utazóteret és a mérőteret egy ajtó köti össze. A gépterem és szerviztér alkotja a mérőteret. A megoldás előnye, hogy a gépterembe, illetve szerviztérbe való mintkét irányu belépéskor biztosított a hőmérséklet és szennyeződés zsilipelés, valamint, hogy 2-2 ajtón keresztül lehet csak bejutni, ami növeli a betörés-biztonságot.

E. Klimafeltételek:

A gépterem és szerviztér hőmérsékletét az üzemeltetés ideje alatt $20-22^{\circ}\text{C}$ között kell tartani. Ez tehát hűtés/fűtés igényt jelent. A lehetőség szerint kerülni kell a páralecsapódást a gépteremben és a szerviztérben. Az utazó és belépőtér fűtéséről gondoskodni kell, és ha van lehetőség, a hűtéséről is.

A laboratórium üzemeltetése csak a busz állóhelyzetében történik. Menetközben, üzemen kívüli állóhelyzetben a gépterem és szerviztér hőmérséklete lehetőleg a $+10^{\circ}\text{C} \dots +35^{\circ}\text{C}$ között legyen. Gondoskodni kell a gépterem és szerviztér fokozott por, szennyeződés védelméről.

A klimafeltételek biztosítását menetközben az autóbusz saját erőforrásaiból kell ellátni, állóhelyzetben pedig célszerűen külső energiaforrásból.

F. Energiaellátás:

A laboratórium működtetéséhez szükséges 220 V $/+10\% -15\% / 50\text{ Hz}$, kb. 5 kVA elektromos teljesítmény igényt külső erősáramu energiaforrásból kell biztosítani. Gondoskodni kell arról, hogy a külső energiaszolgáltatás kimaradása esetében saját aggregátoros tápellátás rendelkezésre álljon. Külső, vagy saját aggregátoros tápellátás esetében lehetőség legyen a berendezéseknek stabilizátoron keresztül történő táplálására.

Álló helyzetben a külső energiaszolgáltatás ki-maradása esetében az azonnali szükségvilágítás biztosított legyen az egész autóbuszban, saját akkumulátorról. Az üzemeltetés ideje alatt biztosítani kell az autóbusz, aggregátor környezethez képest történő védőföldelését.

G. Mechanikai rezgésállóság:

A buszba telepített műszerek közepesen, némelyike kevésbé rezgésálló, így biztosítani kell a menetközben keletkezett káros rezgések csillapítását. A számítógép és a mérésadatgyűjtő 3 szekrényben helyezkedik el, amelyek egymás mellett, egy keretben foglalnak helyet, amihez gumibakokon keresztül vannak felerősítve.

A keret alja van a busz alvázához rögzítve, felül csak borulás elleni gátlásról kell gondoskodni. Az asztalokra helyezett perifériák, egyéb műszerek rezgéscsillapításáról és rögzítéséről gondoskodni kell /pl. az asztallapok filc és szivacsburkolásával, valamint a műszereknek az asztalokhoz hevederrel történő rögzítésével./

Azokat a szekrényeket, amelyek műszereket tárolnak, belülről rezgéscsillapítóval kell bélelni.

H. Egyéb általános követelmények:

1. A számítógépet és mérésadatgyűjtőt tartalmazó keret előtt 1 m, mögötte 0,5-0,6 m szabad helyet kell biztosítani.
2. Lehetőleg biztosítani kell a szabad közlekedést minden irányban, a gépteremben javasolt két forgószék és a szerviztérben egy forgószék menetközbeni rögzítéséről gondoskodni kell.

A gépteremhez vezető ajtók mérete legalább az egyik irányban olyan legyen, hogy a legnagyobb méretű berendezés is átvihető legyen.

3. A mérőkábelek a busz padlózata alatti rekeszben foglalnak helyet kábeldobokon. Üzemeltetéskor az egyik rekesz felnyitásával szabaddá válnak a csatlakozók, amelyekhez a kábeleket csatlakoztatjuk /kb. 60 db csatlakozás/.

4. A detektor lefogókat szintén a padlózat alatti rekeszekben tároljuk.
5. Az erősáramu, földelő csatlakozók egy másik rekeszen keresztül férhetők hozzá.
6. Veszély esetében a gépteremből és a szerviztérből történő gyors menekülést kétirányban is biztosítani kell.
7. Lehetőséget kell adni a gépterem és a külső tér közötti kétirányú URH összeköttetésre.
/Külső antenna/
8. Ablakkiképzéseknél a biztosító és gyártó igényeit és lehetőségeit egyeztetni kell.
9. Az elrendezés tervezésénél lehetőleg figyelembe venni a padlózat kitüntetett helyeinél a hozzáférhetőséget.

III. A megoldandó feladatok összefoglalása

A. Tervezés

1. A megadott szempontok, adatok figyelembevételével meg kell tervezni az autóbusz belső elrendezését /mit, hova, hogyan helyezzünk el/.
2. A megadott szempontok, adatok figyelembevételével kiválasztandó a szükséges fűtő és hűtő berendezés.
3. Az elrendezés és kiválasztás ismeretében megtervezendők a klímafeltételeket biztosító fűtő és hűtőberendezések elhelyezése, csatornák.
4. Az elrendezés ismeretében meg kell tervezni a szükséges szerkezeti megerősítéseket.
5. Meg kell tervezni, illetve ki kell választani az energiaellátást biztosító berendezéseket.
6. Az elrendezés ismeretében meg kell tervezni az erősáramu, és mérővezetékek huzalozási sémáját, a csatlakozásokat, az életvédelmi berendezéseket.

7. A huzalozási séma ismeretében megtervezendők a szükséges kábelvezetékek-csatornák.
8. A belső butorzat, burkolás, hőszigetelés, rázáscsillapítás tervezése.
9. Meg kell tervezni a füst, tűz- és betörés-riasztást, valamint a tűzoltó berendezések elhelyezését.
10. El kell készíteni az autóbusz külső és belső kiképzésének /festés, felíratkozás/ tervét.

B. Gyártás, szerelés:

1. Szerkezeti megerősítések elkészítése.
2. Fűtő és hűtőberendezések gyártása, illetve elhelyezése, beszerelése.
3. Fűtő és hűtő csatornák elkészítése.
4. Energiaellátást biztosító berendezések elhelyezése.
5. Erősáramú csatlakozások, berendezések, életvédelmi készülék elhelyezése, szerelése, vezetékcsatornák szerelése, huzalozása.
6. Világítás szerelése.
7. Mérővezetékek csatornák, csatlakozók szerelése.
8. Mérővezetékek huzalozása.
9. A belső butorzat, burkolás, hőszigetelés, rázáscsillapítók gyártása, szerelése.
10. Riasztóberendezések szerelése, tűzoltó berendezések szerelése.
11. Az elektronikus számítástechnikai berendezések beszerelése, huzalozása.
12. Burkolás, festés.

C. Ügyintézés:

1. Forgalmi engedély beszerzése.
2. Biztosítás ügyintézése.

1.sz. Melléklet
BERENDEZÉS-JEGYZÉK

Sorszám	MŰSZER MEGNEVEZÉSE	Sulya /kp/	Szélesség /mm/	Magasság /mm/	Mélység /mm/	Darabszám	Összsúly /kp/	Össztérfogat /dm ³ /	Teljesítményfelvétel /VA/	Mérőtér	Szerviztér	Raktározó szekrény	Padló alatt
1.	TPA 1140 számítógép/A	200	590	1855	800	1	200		1000	X			
2.	TPA 1140 számítógép/B	200	590	1855	800	1	200		1000	X			
3.	32 CH.AE. mérésadatgyűjtő	200	590	1855	800	1	200		600	X			
4.	4662 Tektronix digitális plotter	14	520	203	495	1	14		90	X			
5.	VT 52103 display-terminál és klaviatura	25	500	360	495	1	25		170	X			
			500	105	235	1							
6.	DZM 180 mátrix nyomtató	45	700	330	370	1	45		600	X			
7.	4006-1 Tektronix Grafikus display	30	465	350	830	1	30		200	X			
8.	EMI SE-3500/14 magneton	60	451	667	441	1	60		650	X			
9.	4 CH AE mérőrendszer	35	490	440	380	1	35		150	X			
10.	Sony képmagnó AV-3670ACE	20	440	236	405	1	20		90			X	
11.	Videomonitor CVM-110 UET	8	286	298	302	1	8		40	X			
12.	FS 1501 szalag olvasó	15	223	205	420	1	15		230	X			
13.	DT 1055 szalag lyukasztó	15	415	250	330	1	15		220	X			
14.	Szalagcsévévelő NISA	4	210	210	200	1	4		30	X			
15.	Szalagkifutó	0,5	200	200	50	1	0,5		-	X			
16.	Szalagjavító NISA 357	0,5	190	150	220	1	0,5		-	X			
17.	Tápegység HIKI	5	1480	130	200	2	10		2x450		X		

18.	Jelalak generátor	3	220	100	270	1	3		80		X	
19.	Nagyteljesítményű pákatranszf.	12	150	150	360	1	12		150		X	
20.	Kisteljesítményű pákatranszf.	4	100	100	180	1	4		50		X	
21.	Tektronix oszcilloszkóp	12	328	157	516	1	12		90			X
22.	Video kamera	4	110	120	330	1	4		15			X
	+ kereső	2	110	108	341	1	2w		15			
23.	Állvány	1	700	60	60	1	1		-			X
24.	AE detektorok	0,1	70	43	93	80	8	30	-			X
25.	Detektor lefogók	3	200	150	60	440	120	80	-			X
26.	AE előerősítők	0,8	60	60	212	440	32	30	-			X
27.	Paraméter előerősítők	1	100	150	200	10	10	30	10x5			X
	+ detektorok	0,1	70	70	100	10	1	4	-			X
28.	Tartalék AE modulok	3	100	220	300	8	24	70	-			X
29.	50 m-es, 5 mm Ø kábelek dobra felcsévélve	2,7	60	260	260	60	162		-			X
30.	Aggregátor								5 kVA szüks.			X
31.	Dokumentációk	-	-	-	-	-	100	150	-			X

63.334



Kiadja a Központi Fizikai Kutató Intézet
Felelős kiadó: Gyimesi Zoltán
Szakmai lektor: Horányi Sándor
Példányszám: 65 Törzsszám: 83-49
Készült a KFKI sokszorosító üzemében
Felelős vezető: Nagy Károly
Budapest, 1983. január hó